



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACIÓN CUALITATIVA MEDIANTE CROMATOGRAFÍA, DE LA
FERTILIDAD DE CINCO SUELOS CON DIFERENTES MANEJOS ORGÁNICOS
Y CONVENCIONALES”**

**Tesis previa la obtención del título de:
Ingeniero Agrónomo**

Autor:

Francisco Javier Abad Santana

Director:

Ph. D. Fernando Bermúdez

CUENCA-ECUADOR

2014



RESUMEN

Los análisis convencionales de fertilidad del suelo determinan elementos químicos, pH, densidad aparente y porcentaje de materia orgánica de los suelos sin considerar las interacciones entre componentes químicos, físicos y biológicos de los mismos. Además, al ser realizados en laboratorios especializados, el costo asociado a ellos y la generalizada falta de capacitación de productores sobre su interpretación, limitan su utilización correcta. Frente a este problema esta investigación propone la evaluación de la cromatografía en papel de extractos de suelo como una herramienta alternativa útil, integral y funcional para el diagnóstico de la fertilidad del suelo. Esta técnica es ampliamente utilizada en sistemas de producción y permite, a través de la interpretación de los patrones y colores del cromatograma, estimar la vida y salud del suelo, así como las interacciones entre componentes químicos, físicos y biológicos.

Para evaluar la funcionalidad de esta técnica se planteó el trabajo de:

Evaluación cualitativa mediante cromatografía, de la fertilidad de cinco suelos con diferentes manejos orgánicos y convencionales. Mediante pruebas de laboratorio se determinó la presencia de poblaciones de bacterias y hongos, densidad aparente, conductividad eléctrica y elementos químicos, que correlacionados con las cualidades cuantificadas de los cromatogramas indicaron el efecto significativo de las variables en estudio. Nuestros resultados sugieren que la cromatografía en papel de extractos de suelos podría ser una herramienta de diagnóstico rápido, efectivo y que evalúa elementos que los análisis convencionales no consideran. Su fácil manejo y costo permite ser realizada por campesinos, técnicos, estudiantes o cualquier persona con entrenamiento mínimo.

Palabras clave: cromatografía, agricultura orgánica, biología del suelo, diagnóstico de suelos.



ABSTRACT

Conventional soil fertility tests typically determine the concentration of elemental nutrients, pH, bulk density y % organic matter without considering the interactions between the chemical, physical and biological components of soil. Furthermore, given that conventional tests need to be conducted in specialized laboratories, the cost associated to them and the generalized lack of training of growers about the interpretation of their results limits the practical application of their results. To address this problem, in this project I evaluated the technique of paper chromatography of soil extracts to determine whether this technique represented a useful, holistic and functional tool to estimate soil fertility. This technique is widely used in agroecologic and organic production systems in which, through the interpretation of patterns and colors in the chromatograms, practitioners estimate the life and health of the soil community as well as interactions among the soil's chemical, physical and biological components.

To evaluate this technique in this work I used paper chromatography of soil extracts to qualitatively evaluate five different soils under organic and conventional management. Conventional methods of analysis were used to determine fungal and bacterial counts, bulk density, electrical conductivity and mineral nutrient concentrations. The latter parameters were compared with the evaluations of the chromatograms through statistical correlation. Soil microbiology was more abundant in soils under organic management than in soils under conventional management. Our results suggest that paper chromatography of soil extracts could be a tool to quickly and effectively estimate some components of soil fertility including some components not typically evaluated in conventional tests. Given its relatively low cost and simple protocol, this technique could be executed by growers, technicians, students and minimally trained general public.

Keywords: Chromatography, organic agriculture, soil biology, soil tests.



INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN	22
2. JUSTIFICACIÓN	24
3. OBJETIVOS	26
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
4. REVISIÓN DE LITERATURA	27
4.1 La cromatografía.....	27
4.1.1 Interpretación de los análisis cromatográficos.	28
4.1.2 Coloración de los cromatogramas.....	38
4.2 Microbiología del suelo	39
4.2.1 Hongos.....	44
4.2.2 Bacterias	44
5. MATERIALES Y MÉTODOS	46
5.1 Materiales	46
5.1.1 Materiales de campo.....	46
5.1.2 Materiales de laboratorio.....	46
5.2 Métodos.....	48
5.2.1 Método utilizado en el campo para la obtención de las muestras de suelo.	48
5.2.2 Método utilizado en el laboratorio para análisis cromatográfico.	49
5.2.3 Método utilizado para análisis microbiológico.	57



5.2.4	Análisis físicos.....	62
5.2.5	Análisis estadístico.....	63
5.3	CARACTERISTICAS DE LOS LUGARES DE EXPERIMENTACIÓN	67
5.3.1	Suelos hortícolas.....	67
5.3.2	Suelos florícolas.....	68
5.3.3	Suelos australes.....	69
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
6.1	Resultados de análisis cromatografía	71
6.2	Resultados de la aplicación de la regresión logística ordinal.....	109
6.2.1	Color.....	109
6.2.2	Forma Radial.....	116
6.2.3	Interacción.....	122
6.2.4	Terminación	125
6.3	Resultados de la capacidad de diagnóstico de la cromatografía de suelos para fertilidad de suelo mediante regresión lineal.	132
6.3.1	Hongos.....	132
6.3.2	Bacterias	133
6.3.3	pH.....	134
6.3.4	Materia orgánica.....	135
6.3.5	Elementos macros (nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio) ..	137
6.3.6	Elementos micro (hierro, manganeso, cobre, zinc)	138
6.3.7	Densidad aparente	139
6.3.8	Conductividad eléctrica	140
6.4	Comparaciones entre los diferentes cultivos	141



6.4.1	Hortalizas	141
6.4.2	Florícolas.....	150
6.4.3	Austro.....	158
7.	CONCLUSIONES.....	167
8.	RECOMENDACIONES	168
9.	BIBLIOGRAFÍA	169
10.	ANEXO	171



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de la biomasa en el suelo.	41
Cuadro 2. Número relativo de antibióticos producidos por distintos grupos microbianos.....	41
Cuadro 3. Funcionamiento de algunos microorganismos en el suelo.	43
Cuadro 4. Descripción de las variables dependientes y las variables independientes.....	66
Cuadro 5. Variables significativas al 95% en conjunto, frente a la variable dependiente color.	110
Cuadro 6. Variables significativas al 95% en análisis individual, frente a la variable dependiente color.	112
Cuadro 7. Variables significativas al 95% en conjunto, frente a la variable dependiente forma radial.	116
Cuadro 8. Variables significativas al 95% en análisis individual, frente a la variable dependiente forma radial.	118
Cuadro 9. Variables significativas al 95% en análisis individual, frente a la variable dependiente interacción.....	122
Cuadro 10. Variables significativas al 95% en conjunto, frente a la variable dependiente terminación.....	125
Cuadro 11. Variables significativas al 95% en análisis individual, frente a la variable dependiente terminación.	128
Cuadro 12. Resultados correspondientes a la regresión lineal del comportamiento de la variable hongos frente al cromatograma	132
Cuadro 13. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la variable bacterias frente al cromatograma.	133
Cuadro 14. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la variable pH frente al cromatograma.	134



Cuadro 15. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la variable materia orgánica (MO) frente al cromatograma.	136
Cuadro 16. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de las variables N, P, K, Ca y Mg; frente al cromatograma.	137
Cuadro 17. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de las variables Fe, Mn, Cu y Zn; frente al cromatograma.	138
Cuadro 18. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la variable densidad aparente (Da) frente al cromatograma.	139
Cuadro 19. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la conductividad eléctrica (Ce) frente al cromatograma.	140
Cuadro 20. Ejemplo de los cromas estudiados con los diferentes manejos.	149
Cuadro 21. Ejemplo de los cromas estudiados con los diferentes manejos.	157
Cuadro 22. Ejemplo de los cromas estudiados con los diferentes manejos.	166



ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Identificación esquemática de las principales zonas de un cromatograma y sinónimos.....	29
Imagen 2. Evolución de la zona central de tres cronogramas, de acuerdo con su coloración.	30
Imagen 3. Suelo mineralizado, mostrando escasa diferenciación de la zona central.	31
Imagen 4. Suelo mineralizado, mostrando centro poco visible.....	31
Imagen 5. Cromatograma de un suelo destruido por la agricultura industrial, fertilizantes químicos, mecanización y herbicida glifosato en el cultivo de mango.	32
Imagen 6. Cromatografía de suelos con interacción de zonas, colores y forma radial ideales.....	33
Imagen 7. Cromatograma de un suelo con cultivo convencional de mango (Mecanización, venenos y fertilizantes químicos).	34
Imagen 8. Cromatograma de un abono orgánico en proceso, elaborado con gallinaza, rastrojos y ceniza	35
Imagen 9. Cromatografía de un suelo sano, vivo y fértil	35
Imagen 10. Seis características diferentes de la zona externa de un cromatograma.....	36
Imagen 11. Interacción de los minerales y la materia orgánica por la actividad microbiológica del suelo en un cromatograma.....	37
Imagen 12. Características de las formas radiales en la cromatografía	38
Imagen 13. Patrón de colores para el análisis cromatográfico de suelos.....	39
Imagen 14. Mapa de las provincias donde se realizó la investigación.	67
Imagen 15. Resultado cromatográfico de la muestra 1, suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.	72
Imagen 16. Resultado cromatográfico de la muestra 2, suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.	73



Imagen 17. Resultado cromatográfico de la muestra 3, suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.	74
Imagen 18. Resultado cromatográfico de la muestra 3, suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.	75
Imagen 19. Resultado cromatográfico de la muestra 5, suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.	76
Imagen 20. Resultado cromatográfico de la muestra 6, suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.	77
Imagen 21. Resultado cromatográfico de la muestra 7, suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.	78
Imagen 22. Resultado cromatográfico de la muestra 8, suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.	79
Imagen 23. Resultado cromatográfico de la muestra 9, suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.	80
Imagen 24. Resultado cromatográfico de la muestra 10, suelo de manejo convencional con aplicaciones de composta.	82
Imagen 25. Resultado cromatográfico de la muestra 11, suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.....	84
Imagen 26. Resultado cromatográfico de la muestra 12, suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.....	85
Imagen 27. Resultado cromatográfico de la muestra 13, suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.....	86
Imagen 28. Resultado cromatográfico de la muestra 13, suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.....	87
Imagen 29. Resultado cromatográfico de la muestra 15, suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.....	88
Imagen 30. Resultado cromatográfico de la muestra 16, suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.....	89



Imagen 31. Resultado cromatográfico de la muestra 17, suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.....	90
Imagen 32. Resultado cromatográfico de la muestra 18, suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.....	91
Imagen 33. Resultado cromatográfico de la muestra 19, suelo de manejo convencional e incorporaciones de humus.	93
Imagen 34. Resultado cromatográfico de la muestra 20, suelo luego de tres meses de aplicación de glifosato.....	95
Imagen 35. Resultado cromatográfico de la muestra 21, suelo de manejo tradicional.	97
Imagen 36. Resultado cromatográfico de la muestra 22, suelo de manejo tradicional.	98
Imagen 37. Resultado cromatográfico de la muestra 23, suelo de manejo tradicional y aplicación de biofermentos cada dos meses.	99
Imagen 38. Resultado cromatográfico de la muestra 20, suelo con manejo convencional y aplicaciones de biofermentos.	101
Imagen 39. Resultado cromatográfico de la muestra 20, suelo con manejo convencional y aplicaciones de biofermentos.	102
Imagen 40. Resultado cromatográfico de la muestra 26, suelo florícola con manejo convencional altamente deteriorado.	105
Imagen 41. Resultado cromatográfico de la muestra 27, suelo hortícola con manejo convencional altamente deteriorado.	107
Imagen 42. Ejemplo de categorías de color, 3, 2, 1, encontrados en el estudio.	109
Imagen 43. Ejemplo de categorías de forma radial encontrados en el estudio, de izquierda a derecha, 3, 2, 1, 0.....	116
Imagen 44. Ejemplo de categorías de la interacción de los cromas encontrados en el estudio, de izquierda a derecha, 3, 2, 1.	122
Imagen 45. Ejemplo de categorías de terminación de los cromas encontrados en el estudio, de izquierda a derecha, 3, 2, 1.	125



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Toma de muestra de suelo.....	49
Foto 2. Pesado de la muestra.	50
Foto 3. Papel marcado para ocuparlo como matriz para los papeles a trabajar. ..	51
Foto 4. Preparación de pabilos para impregnaciones.	52
Foto 5. Preparación de la solución de suelo.	53
Foto 6. Impregnación de solución de suelo.....	55
Foto 7. Revelado y secado de los cromas.	56
Foto 8. Siembra de suelo en medio de cultivo para hongo PDA.	59
Foto 9. Homogenización de la solución en la superficie del medio de cultivo.	60
Foto 10. Análisis de colonias presentes en el medio de cultivo.....	61
Foto 11. Caja petri lista para realizar el conteo de colonias.	62



ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Relación de la variable dependiente color, frente a las variables significativas en conjunto hongos y zinc.	110
Gráfica 2. Comportamiento de las variables hongos y zinc, cuando la categoría toma la el valor 3.....	111
Gráfica 3. Relación de la variable hongos frente a la variable dependiente color.	113
Gráfica 4. Relación de la variable materia orgánica frente a la variable dependiente color.	113
Gráfica 5. Relación de la variable fosforo frente a la variable dependiente color.	113
Gráfica 6. Relación de la variable potasio frente a la variable dependiente color.	113
Gráfica 7. Relación de la variable magnesio frente a la variable dependiente color.	114
Gráfica 8. Relación de la variable manganeso frente a la variable dependiente color.	114
Gráfica 9. Relación de la variable zinc frente a la variable dependiente color. ...	114
Gráfica 10. Relación de la variable densidad aparente frente a la variable dependiente color.	114
Gráfica 11. Relación de la variable conductividad eléctrica frente a la variable dependiente color.	115
Gráfica 12. Relación de la variable dependiente forma radial, frente a las variables significativas en conjunto bacterias y magnesio.	117
Gráfica 13. Comportamiento de las variables bacterias y magnesio, cuando la categoría toma el valor 3.	117
Gráfica 14. Relación de la variable hongos frente a la variable dependiente forma radial.	119



Gráfica 15. Relación de la variable materia orgánica frente a la variable dependiente forma radial.	119
Gráfica 16. Relación de la variable nitrógeno frente a la variable dependiente forma radial.	120
Gráfica 17. Relación de la variable fosforo frente a la variable dependiente forma radial.	120
Gráfica 18. Relación de la variable calcio frente a la variable dependiente forma radial.	120
Gráfica 19. Relación de la variable magnesio frente a la variable dependiente forma radial.	120
Gráfica 20. Relación de la variable zinc frente a la variable dependiente forma radial.	121
Gráfica 21. Relación de la variable hongos frente a la variable dependiente interacción.....	123
Gráfica 22. Relación de la variable fosforo frente a la variable dependiente interacción.....	123
Gráfica 23. Relación de la variable calcio frente a la variable dependiente interacción.....	124
Gráfica 24. Relación de la variable magnesio frente a la variable dependiente interacción.....	124
Gráfica 25. Relación de la variable zinc frente a la variable dependiente interacción.....	124
Gráfica 26. Relación de la variable dependiente terminación, frente a las variables significativas en conjunto bacterias y magnesio.	126
Gráfica 27. Comportamiento de las variables bacterias y pH, cuando la categoría toma la el valor 3.....	127
Gráfica 28. Relación de la variable hongos frente a la variable dependiente terminación.	129



Gráfica 29. Relación de la variable bacterias frente a la variable dependiente terminación.	129
Gráfica 30. Relación de la variable fosforo frente a la variable dependiente terminación.	129
Gráfica 31. Relación de la variable potasio frente a la variable dependiente terminación.	129
Gráfica 32. Relación de la variable calcio frente a la variable dependiente terminación.	130
Gráfica 33. Relación de la variable magnesio frente a la variable dependiente terminación.	130
Gráfica 34. Relación de la variable manganeso frente a la variable dependiente terminación.	130
Gráfica 35. Relación de la variable zinc frente a la variable dependiente terminación.	130
Gráfica 36. Relación de la variable densidad aparente frente a la variable dependiente terminación.	131
Gráfica 37. Relación de la variable conductividad eléctrica frente a la variable dependiente terminación.	131
Gráfica 38. Regresión lineal del comportamiento de la variable hongos frente al cromatograma.	132
Gráfica 39. Regresión lineal del comportamiento de la variable bacterias frente al cromatograma.	133
Gráfica 40. Regresión lineal del comportamiento de la variable pH frente al cromatograma.	134
Gráfica 41. Regresión lineal del comportamiento de la variable materia orgánica (MO) frente al cromatograma.	135
Gráfica 42. Regresión lineal del comportamiento de las variables N, P, K, Ca y Mg; frente al cromatograma.	137



Gráfica 43. Regresión lineal del comportamiento de las variables Fe, Mn, Cu y Zn; frente al cromatograma.....	138
Gráfica 44. Regresión lineal del comportamiento de la variable densidad aparente (Da) frente al cromatograma.....	139
Gráfica 45. Regresión lineal del comportamiento de la variable conductividad eléctrica (Ce) frente al cromatograma.....	140
Gráfica 46. Comparación del comportamiento de las características de los cromatogramas en los suelos con diferente manejo.....	141
Gráfica 47. Comportamiento de propágulos de hongos de los diferentes suelos, propagados en medio PDA.....	142
Gráfica 48. Comportamiento de propágulos de bacterias de los diferentes suelos, propagados en medio agar nutritivo.....	143
Gráfica 49. Comparación de pH, en los suelos con diferente manejo.....	144
Gráfica 50. Comparación de MO y N, en los suelos con diferente manejo.	144
Gráfica 51. Comparación del comportamiento de P, Fe, Ca, Mn, Cu, Zn en los suelos con diferente manejo.	145
Gráfica 52. Comparación del comportamiento de K, Ca, Mg en los suelos con diferente manejo.	146
Gráfica 53. Comparación de la densidad aparente (D.A.) en los suelos con diferente manejo.	147
Gráfica 54. Comparación de la conductividad eléctrica (CE) en los suelos con diferente manejo.	147
Gráfica 55. Comparación del comportamiento de las características de los cromatogramas en los suelos con diferente manejo.....	150
Gráfica 56. Comportamiento de propágulos de hongos de los diferentes suelos, propagados en medio PDA.....	151
Gráfica 57. Comportamiento de propágulos de bacterias de los diferentes suelos, propagados en medio agar nutritivo.....	151
Gráfica 58. Comparación de pH en los suelos con diferente manejo.....	152



Gráfica 59. Comparación de MO y N, en los suelos con diferente manejo.	153
Gráfica 60. Comparación del comportamiento de P, Fe, Ca, Mn, Cu, Zn en los suelos con diferente manejo.	154
Gráfica 61. Comparación del comportamiento de K, Ca, Mg en los suelos con diferente manejo.	155
Gráfica 62. Comparación de la densidad aparente en los suelos con diferente manejo.	156
Gráfica 63. Comparación de la conductividad eléctrica en los suelos con diferente manejo.	156
Gráfica 64. Comparación del comportamiento de las características de los cromatogramas en los suelos con diferente manejo.	158
Gráfica 65. Comportamiento de propágulos de hongos de los diferentes suelos, propagados en medio PDA.	159
Gráfica 66. Comportamiento de propágulos de bacterias de los diferentes suelos, propagados en medio agar nutritivo.	159
Gráfica 67. Comparación de pH en los suelos con diferente manejo.	160
Gráfica 68. Comparación de MO y N, en los suelos con diferente manejo.	161
Gráfica 69. Comparación del comportamiento de P, Fe, Mn, Cu, Zn en los suelos con diferente manejo.	162
Gráfica 70. Comparación del comportamiento de K, Ca, Mg en los suelos con diferente manejo.	163
Gráfica 71. Comparación de la densidad aparente en los suelos con diferente manejo.	164
Gráfica 72. Comparación de la conductividad eléctrica en los suelos con diferente manejo.	164



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos cuantitativos de las cualidades consideradas para el análisis cromatográfico.	171
Anexo 2. Datos obtenidos del análisis biológico del laboratorio.....	172
Anexo 3. Datos registrados por Agrocalidad de los análisis químicos de suelo.	173
Anexo 4. Datos de análisis físicos realizados en el laboratorio.....	174



Yo, **Francisco Javier Abad Santana**, autor de la tesis **“Evaluación cualitativa mediante cromatografía, de la fertilidad de cinco suelos con diferentes manejos orgánicos y convencionales”**, declaro que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad del autor.

Cuenca, abril 2014

Francisco Javier Abad Santana
0104990627



Yo, **Francisco Javier Abad Santana**, autor de la tesis “**Evaluación cualitativa mediante cromatografía, de la fertilidad de cinco suelos con diferentes manejos orgánicos y convencionales**”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de **INGENIERO AGRÓNOMO**. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afectación alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, abril 2014

Francisco Javier Abad Santana

0104990627



DEDICATORIA

Al suelo como inicio y continuación de la vida, como legado de nuestro paso en la tierra.

Al campesino que busca entender y conocer más de su fuente de subsistencia y re-existencia.

Al canto de Don Raúl que entre su la lampa y la sequía, me enseña la armonía que el campo busca las plantas y viento, llevando ese aliento de vida para la huerta.

A todos aquellos que luchan, que camina, que construyen, que buscan el camino en el que el ser humano retome su papel de guardián de la vida.

A mis sobrinas y sobrinas, que sepan que un mundo más humano, más justo y más sano está en el respeto, entendimiento y amor por la vida que nos rodea.



AGRADECIMIENTO

El agradecimiento a mis padres, que a pesar de no entender la fermentación de ideas que se generan a cada paso están dándome su apoyo y siendo compañeros de travesías.

A Jairo, Sebastián, Eugenio, Pacho, Fausto, Hilario y a aquellos amigos y personas que en este camino me han ayudado a dar rumbo a este camino, que han compartido sus conocimientos, experiencias y pasión por hacer un cambio en cada una de nuestras realidades.

A Teresita por el consejo, paciencia, apoyo y confianza brindada en esta etapa que serán guía para toda la vida.



1. INTRODUCCIÓN

“La especialización de las unidades de producción nos ha llevado a creer que la agricultura es un milagro moderno en la producción de alimentos. Sin embargo las evidencias indican que la excesiva dependencia de los monocultivos y los insumos agroindustriales, tales como las tecnologías de capital intensivo, pesticidas y fertilizantes químicos han impactado negativamente el Medio Ambiente y la sociedad rural” (Gliessman 1977, tomado de: Altieri 2009, La Agricultura Moderna: Impactos Ecológicos y la Posibilidad de una Verdadera Agricultura sustentable).

“Cuando un sistema se refiere a la vida es un ecosistema. Está integrado por la totalidad de los organismos vivos de una región específica (plantas, animales y microorganismos o sea la biocenosis) que interactúan entre ellos y con el medio físico (la materia orgánica, las sustancias inorgánicas, los minerales del suelo, las aguas, el aire, el sol, el régimen climático). El componente vivo o biológico del ecosistema se denomina biota, comunidad biótica o biocenosis. El componente físico inorgánico se denomina abiótico. El suelo tiene un componente vivo de extrema importancia y otro abiótico modelado por el primero.”

“Cuando los hombres intervienen los ecosistemas para instalar en ellos la agricultura o la ganadería, hablamos de agroecosistemas. Para el manejo apropiado de un agroecosistemas es clave el concepto de cultura: “ Hay cultura cuando el hombre tiene conciencia de cómo funcionan las cosas, los organismos, los elementos o los fenómenos, dentro del marco de una visión integral de interrelaciones entre dichos elementos o fenómenos, o sea con un enfoque de sistemas o de conjunto global” . Si los hombres no tienen la educación y cultura para entender el funcionamiento natural del ecosistema (las múltiples relaciones de los organismos y su razón de ser), el resultado es la degradación y muerte del agroecosistemas. Ello ocurre con la agricultura simplificada de visión limitada y parcial de los fenómenos, basada en el empleo de agrotóxicos y venenos extraños en la naturaleza que matan o desequilibran la biocenosis del ambiente, la del



suelo y su bioestructura y que son graves contaminantes del componente abiótico” (Forero, R. 2009).

En el presente trabajo se considera al suelo como un ecosistema que debe mantenerse equilibrado para que pueda ser útil y tenga un desarrollo y producción alta, de calidad, y con alto valor nutricional. El suelo es un ecosistema íntegro, en el cual debemos entender la relación de todos los elementos que interactúan en este sistema y buscar la manera de no alterar su armonía y conservar la parte fundamental de este hábitat, la rizósfera; enfatizando en la relación armoniosa entre materia orgánica, minerales y microorganismos; indicadores fundamentales de la salud del suelo y por lo tanto de su fertilidad.

La cromatografía en papel de extractos de suelo es una herramienta que ha sido ampliamente usada en los sistemas de producción agroecológicos y orgánicos por mucho tiempo (Bakker, 2008). Su funcionalidad, facilidad de acceso y bajo costo, permiten recurrir a este análisis, lejos de la complejidad de técnicas y de una manera muy sencilla para pequeños, medianos y grandes productores.

“En Alemania, actualmente se están presentando tesis de doctorado sobre la cromatografía de Pfeiffer y muy seguramente los laboratorios de biotecnología con resultado de ellas, ofrecerán los *kits* por un alto precio en el mercado. Sin embargo, es posible realizar los mismos análisis en cualquier rancho, finca o parcela con recursos baratos, para medir los impactos del uso de biopreparados artesanales de buena o de mala calidad” (Restrepo, 2011).

La cromatografía visualiza los mecanismos de control de la vida. No estudia funciones ni elementos por separado sino con la totalidad de su sistema (Bakker, 2008).



2. JUSTIFICACIÓN

La integridad de los elementos existentes en el suelo convierten al mismo en un medio, donde la diversidad de vida genera más vida y no sólo como un factor de producción.

Los suelos, en su estado natural, son capaces de propiciar las condiciones adecuadas para que en su superficie exista una gran diversidad de vida, esta diversidad de vida en la superficie, genera desperdicios y frutos que a su vez caen al suelo. Estos elementos que caen al suelo los conocemos comúnmente como materia orgánica, cuya función es servir de sustento alimenticio para las diversas formas de vida que cohabitan en el interior de suelo e incluso para sustento de la misma planta (Pimavesi, 1982).

Dentro de este gran grupo de organismos que viven en el suelo, cuyo papel es imprescindible para la salud del mismo, están hongos, bacterias, raíces, actinomicetos, nemátodos, protozoos, lombrices, etc.; cada uno con una función específica para mantener la estabilidad de este ecosistema tan frágil. Existen organismos que ayudan a la respiración y a la dispersión de la materia orgánica, como es el caso de las lombrices y otros que mantienen las poblaciones de otros organismos estables como en el caso de *Trichoderma viridis*, *predador* de *Rhizoctonia solani*. Otros como ciertas bacterias fijan nitrógeno atmosférico y lo transforman en nitrógeno asimilable para las raíces que a su vez, producen exudados que sirven de alimento para bacterias y organismos especializados en degradar la materia orgánica y mineralizarla en elementos químicos solubles de origen orgánico, asimilables por las plantas (Pinheiro, 2009).

La cromatografía se presenta como una herramienta de la vida del suelo y su interacción entre materia orgánica, minerales y microorganismos, presentándose además como una análisis con un costo que no supera los dos dólares, valor que está al alcance de cualquier productor y con facilidad de interpretación, sin la



necesidad de grandes laboratorios ni conocimientos técnicos avanzados para describir los resultados.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la funcionalidad de la cromatografía en la interpretación de la vida y salud del suelo, como herramienta de diagnóstico de la fertilidad

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la funcionalidad de la cromatografía como herramienta de diagnóstico para suelos de manejo orgánico y convencional.
- Correlacionar los resultados presentados por los cromas; con el análisis químico de suelos.
- Determinar la presencia y biodiversidad de microorganismos en los suelos, mediante pruebas de laboratorio.



4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 La cromatografía

Los autores Bakker, 2008, Retrepo, J. 2011 y Pinheiro, S. 2011, comparten los siguientes criterios sobre cromatografía del suelo en papel sensible:

La cromatografía es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, con aplicación en las distintas ramas de la ciencia. Es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla para identificar y en muchos casos determinar las cantidades de dichos componentes (Respreto & Pinheiro 2011).

Las técnicas cromatográficas son muy variadas, pero en todas ellas hay una fase móvil que consiste en un fluido que arrastra la muestra de una fase estacionaria, que puede ser un sólido o un líquido fijador en un sólido. Los componentes de las mezclas interaccionan en distinta forma con la fase estacionaria, de este modo, los componentes atraviesan la fase estacionaria a diferentes velocidades y se van separando. Después de que los componentes han transitado por la fase estacionaria y se separan, pasan por un detector que genera una señal dependiente de la concentración y del tipo de compuesto.

- Cromatografía plana. La fase estacionaria se sitúa sobre una placa plana o sobre un papel. Según esto, puede ser:
 - Cromatografía en papel
 - Cromatografía en capas finas
- Cromatografía en columnas. La fase estacionaria se sitúa dentro de una columna. Según el fluido empleado como fase móvil se distingue:
 - Cromatografía de líquidos
 - Cromatografía de gases
 - Cromatografía de fluidos supercríticos



La cromatografía permite determinar la vida del suelo y su relación entre minerales, microbiología, materia orgánica, humificación, carbono del suelo, desequilibrios y equilibrios nutricionales, respiración del suelo, compactación, residuos tóxicos, entre otros (Pinheiro, 2011).

Los patrones han sido establecidos por varios investigadores, principalmente E. Pfeiffer, en cuanto corresponde a análisis de suelos, abonos orgánicos y humus, con el fin de facilitar la interpretación de los cromas. A partir de esto, se ha considerado la metodología y los criterios preestablecidos por E. Pfeiffer, llegando a determinar parámetros para la interpretación de los suelos a través del análisis de 6.757 muestras de 37 países de Latinoamérica, entre las cuales destacan dos muestras procedentes de Ecuador, citadas por los autores del libro Cromatografía, imagen de vida y destrucción del suelo (Restrepo, 2011).

4.1.1 Interpretación de los análisis cromatográficos.

En la imagen 1 se puede observar claramente las diferentes zonas del croma, en donde están representadas las diferentes interacciones y los elementos existentes entre ellas (Restrepo & Pinheiro 2011).

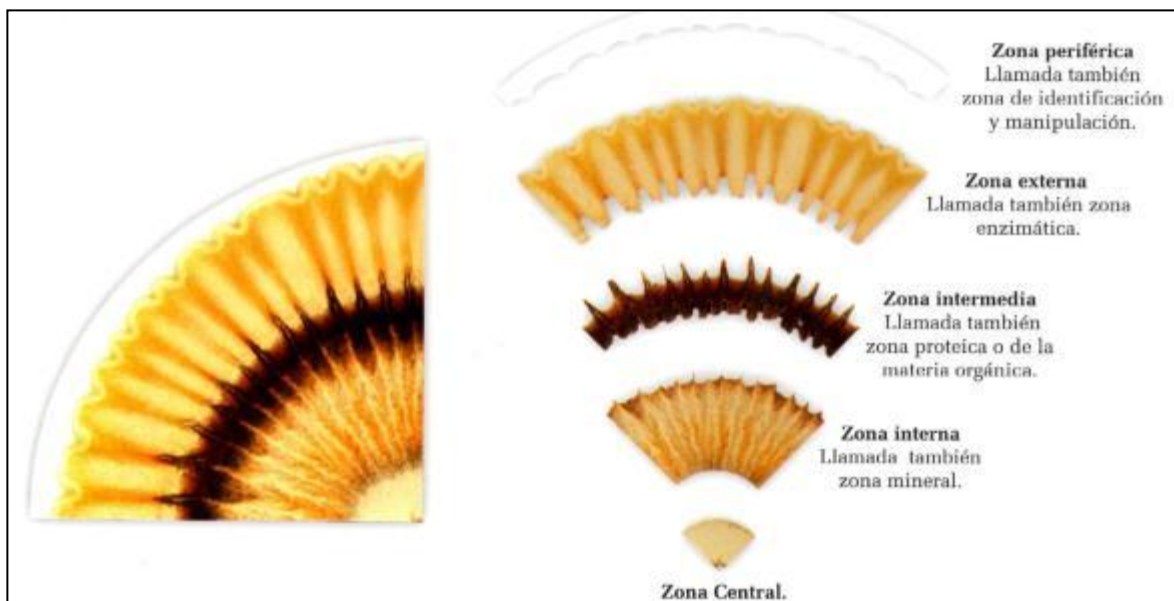


Imagen 1. Identificación esquemática de las principales zonas de un cromatograma y sinónimos.

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011)

4.1.1.1 Zona central.

Llamada también zona de oxigenación o aireación. Esta zona no se manifiesta en suelos que han tenido mal manejo, sea por maquinaria pesada, agroquímicos y/o exposición directa al sol. Otra característica es la compactación, pérdida de estructura e inexistencia de materia orgánica. Cuando el centro del croma se presenta de color blanco, representa el contenido de excesivas dosis de abonos nitrogenados y abonos químicos de alta solubilidad o el uso constante de herbicidas y de abono crudos como gallinazas o estiércoles no procesados, ricos en nitrógeno (Restrepo & Pinheiro 2011).



Imagen 2. Evolución de la zona central de tres cronogramas, de acuerdo con su coloración.

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

Cuando se presenta una zona de color blanco cremoso que se desvanece hasta integrarse a la próxima zona, es indicador de un buen suelo, con buena estructura, no compactado y buena presencia de materia orgánica (Pinheiro, 2011).

4.1.1.2 Zona interna.

Denominada zona mineral, en esta zona se evidencia la concentración de la mayoría de minerales. Cuando se encuentra la presencia del color pardo negruzco, desde la zona central, sin hacer distinción entre zonas, con terminaciones en puntas, es indicador que el suelo está altamente mineralizado y destruido, con ausencia de materia orgánica y baja actividad biológica. Imagen 3 (Restrepo & Pinheiro 2011).

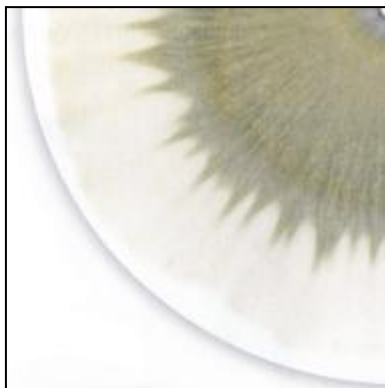


Imagen 3. Suelo mineralizado, mostrando escasa diferenciación de la zona central.

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

En los suelos arcillosos se puede observar uniformidad en esta zona, con escasa visibilidad o ausencia la zona central. Esto es indicador de un suelo mineralizado y uniforme, erosionado, sin materia orgánica y sin actividad biológica (Pinheiro, 2011).



Imagen 4. Suelo mineralizado, mostrando centro poco visible.

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

El uso de glifosato en el suelo da como resultado un cromograma donde no se distingue la zona central de la zona mineral. Su forma radial es muy extensa en relación a las demás zonas, presenta un color lila o violeta, no deseado. Luego de la zona mineral se observa un anillo que representa la ausencia de materia orgánica o el bloqueo de la misma. Imagen 5 (Restrepo & Pinheiro 2011).



Imagen 5. Cromatograma de un suelo destruido por la agricultura industrial, fertilizantes químicos, mecanización y herbicida glifosato en el cultivo de mango.

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

Un color cremoso que parte desde el centro hacia la zona interna o mineral, y continúa de forma armónica hasta el final del croma, es indicador de un suelo sano, con buena estructura, con actividad biológica dinámica y con buena reserva de materia orgánica (Pinheiro, 2011).

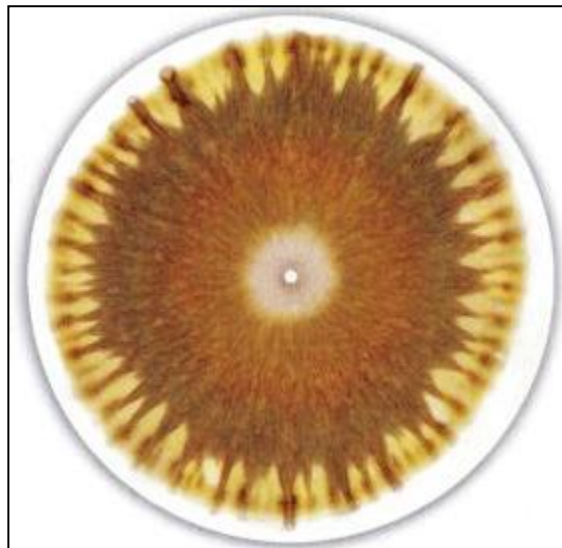


Imagen 6. Cromatografía de suelos con interacción de zonas, colores y forma radial ideales.

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

4.1.1.3 Zona Intermedia.

Denominada zona proteica o de materia orgánica. La presencia de este anillo, es indicador de la presencia de materia orgánica más no de la integración al suelo de la misma. Imagen 7 (Restrepo & Pinheiro 2011).

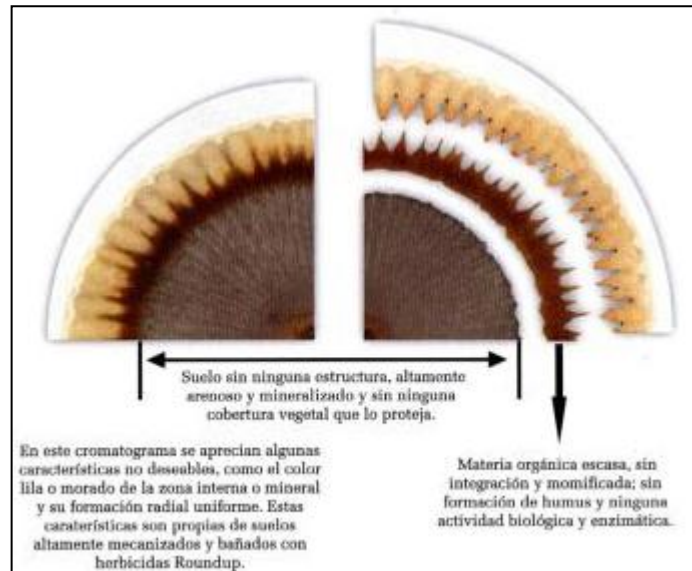


Imagen 7. Cromatograma de un suelo con cultivo convencional de mango (Mecanización, venenos y fertilizantes químicos).

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

La presencia de un color marrón o café oscuro en esta zona es un indicador característico de suelos con alta presencia de materia orgánica cruda o en proceso de descomposición. Esta manifestación es común en la evaluación de abonaduras, indica la integración de la materia orgánica en el suelo (imagen 8) (Bakker, 2008).



Imagen 8. Cromatograma de un abono orgánico en proceso, elaborado con gallinaza, rastrojos y ceniza

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

El color dorado, con una total integridad de sus zonas, indica un suelo de alta calidad biológica, química y física (imagen 9) (Restrepo & Pinheiro 2011).



Imagen 9. Cromatografía de un suelo sano, vivo y fértil

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

4.1.1.4 Zona externa.

Denominada zona enzimática o nutricional (humus permanente). Cuando en esta zona se observa lunares suaves o nubes onduladas muy tenues, se está frente a un suelo de calidad ideal. La presencia de estas formas indica la diversidad y

variación nutricional disponible en el suelo (imagen 10) (Restrepo & Pinheiro 2011).

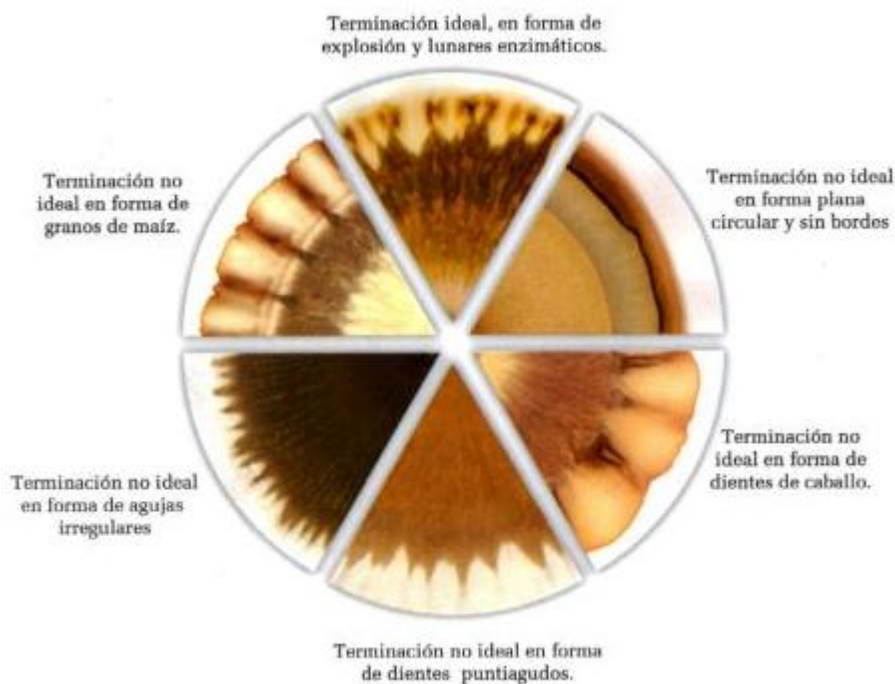


Imagen 10. Seis características diferentes de la zona externa de un cromatograma.

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

En general, al existir armonía entre las cuatro zonas, de una manera tenue y armónica como en la imagen 11, el suelo está en condiciones ideales, con equilibrio entre microorganismos, materia orgánica y mineral; es un suelo sano y productivo (Pinheiro, 2011).

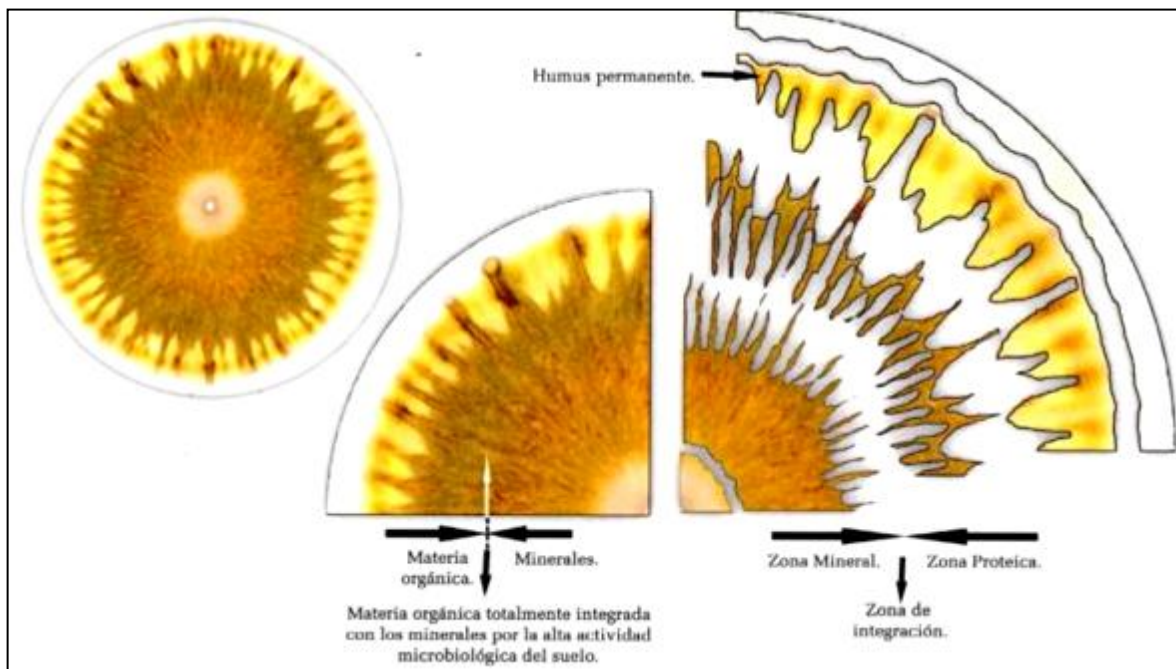


Imagen 11. Interacción de los minerales y la materia orgánica por la actividad microbiológica del suelo en un cromatograma.

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

Es muy importante la observación de la forma de los radios que se forman desde la parte central del croma, estas líneas se ramifican dando la apariencia de plumas. La ausencia de esta ramificación es indicador de mala calidad de suelo, de compactación y/o exposición a agroquímicos. Cuando la formación radial presenta apenas indicios de ramificarse es indicador del proceso de regeneración del suelo; y cuando la formación radial es completamente ramificada, formando plumas, es indicador de un suelo vivo (Restrepo & Pinheiro 2011).

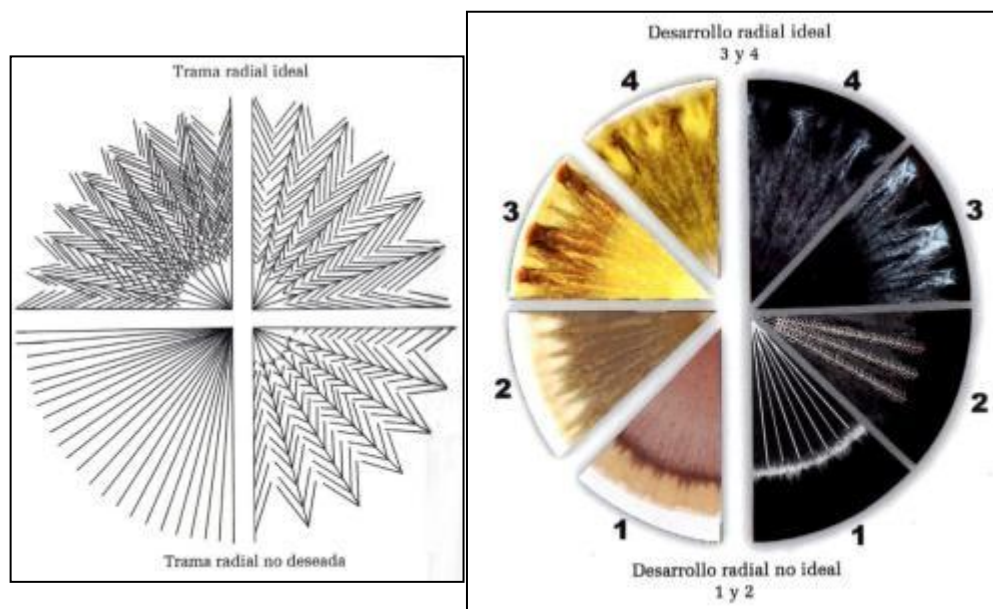


Imagen 12. Características de las formas radiales en la cromatografía

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

4.1.2 Coloración de los cromatogramas.

La importancia de la coloración de los cromatogramas es un factor relevante para determinar un estado evolutivo y saludable, tanto en abonos como en el suelo. Los colores de un suelo sano son: amarillo, dorado, anaranjado, rojizo o café claro y tonalidades verdosas. Los colores de suelos destruidos, no saludables y abonos de mala calidad son: cenizo, negro, pardo muy oscuro, lilas o violetas, gris y/o totalmente azulado (Restrepo & Pinheiro 2011).



Imagen 13. Patrón de colores para el análisis cromatográfico de suelos.

Fuente: Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011).

4.2 Microbiología del suelo

Los autores Retrepo, J. 2011, Pinheiro, S. 2009, Coyne, M. 2000, Gras, E. 2013, Simons, J. 2014, Primavesi, A. 1982, Benzing, A. 2001, comparten los siguientes criterios sobre la microbiología del suelo:



El conocimiento de la microbiología del suelo y su funcionamiento son esenciales para comprender la agricultura y lo que ocurre en ese entorno (Primavesi, A. 1982).

En el suelo sucede una diversa serie de fenómenos que cambian el orden de la vida existente en el mismo; la microbiología del suelo experimenta descensos e incrementos en su población, rompiendo la armonía del ecosistema cuando es expuesta a alteraciones debido a prácticas como drenajes, arados, fumigaciones, pastoreo, etc. (Pinheiro, S. 2009).

La microbiología establece sinergias con las raíces, parte aérea de las plantas y minerales del entorno; que varían según el tiempo y espacio. Vale destacar, que entre el 5 y 10% de la superficie de las raíces están cubiertas de microorganismos y la población de los mismos disminuye drásticamente a tan solo 5 milímetros de las raíces (Coyne, M. 2000).

La distribución de la microbiología en el suelo no es uniforme, debido a que se distribuyen por la afinidad a un mineral o fase fenológica de la planta, humedad y otros factores del ambiente. La diversidad biológica del suelo refleja la diversidad vegetal de la risosfera, si solo una especie microbiológica domina en suelo; no expresará diversidad vegetal. La diversidad biológica del suelo, es un indicador de un suelo vivo (Benzing, A. 2001).



Cuadro 1. Distribución de la biomasa en el suelo.

Grupo	Tipos	Biomasa
Microbios	Bacterias y hongos	80%
Mesafauna y microfauna	Nemátodos colémbolos y ácaros	2%
Macrofauna	Gusanos enquitraeidos y lombrices de tierra	14%
Otros	-----	4%

Fuente: Pinheiro, S., & Respreto, J. (2009)

Cuadro 2. Número relativo de antibióticos producidos por distintos grupos microbianos.

GRUPO MICROBIANO	Número de antibióticos
Hongos	
Ficomycetos	14
Ascomycetos	299
Penicillium	123
Aspergillum	115
Basidiomicetos	140
Hongos imperfectos	315
Bacterias	
Especies de pseudomonas	171
Enterobacterias	36
Micrococos	16
Lactobacilos	28
Bacilos	338
Bacterias diversas	274



Actinomicetos	
Especies de Mycobacterium	4
Especies de Actinoplanes	18
Especies de Streptomyces	3872
Especies de Micromonospora	41
Especies de Thermoactinomyces	17
Especies de Nocardia	48
Otras especies de actinomicetos	2078

Fuente: Pinheiro, S., & Restrepo, J. (2009)

En un suelo sano en el ambiente natural los microorganismos producen antibióticos (Pinheiro, S. 2009).

La auto desinfección de un abono se logra por medio de la acción de las bacterias, actinomicetos y otros microorganismos presentes en el suelo (Pinheiro, S. 2009).



Cuadro 3. Funcionamiento de algunos microorganismos en el suelo.

Especie y agente activo	Actividad Antagónica
<i>Trichoderma</i> (Moho)	Acata patógenos que provocan enfermedades de las raíces
<i>Trichoderma lignorum</i>	Acata el tizón de las raíces en los cítricos o fitoflora de la raíz
<i>Trichoderma viridis</i>	Acata al hongo <i>Rhizoctonia solani</i> , que provoca pudriciones en los repollos jóvenes
<i>Trichoderma lignorum</i>	Acata al hongo <i>Phymatotrichum omnivorum</i> en sandía, capturando las hifas de este hongo filamentoso y provocando su muerte
Varios hongos	Atacan al hongo <i>Fusarium lini</i> , que provoca la marchites de la planta de linaza
<i>Penicillium expansum</i>	Acata al hongos <i>Phytium</i> o <i>Barynam</i> , que provoca la podredumbre de gramíneas
Actinomicina (actinomicetes) (<i>Streotomyces griseoviridis</i>)	Produce la inhibición más o menos fuerte de 30 hongos que han sido investigados por provocar enfermedades
Actinomices	Atacan a patógenos responsables de las podredumbres de tallos de las plántulas de zanahoria y café y negra de manzano; de <i>Botritis</i> y <i>Monilia</i> , de la mancha de fuego, del cancro del castaño, de la enfermedad del olmo holandés, del tizón de la papa y de otras enfermedades.
Bacilos cortos	Produce un antibiótico resistente a las altas temperaturas, inhiben el crecimiento de 40 especies conocidas de hongos y levaduras.



Numerosas bacterias	Atacan la roña de la papa y el carbón del maíz (<i>Ustilago maydis</i>)
<i>Bacillus simple</i>	Presenta un efecto antagonista sobre <i>Rhizoctonia solani</i> (pudrición de las raíces).
Varias bacterias	Atacan hongos <i>Fusarium</i> y <i>Helminthosporium</i> que destruyen los cereales y la linaza

Fuente: Pinheiro, S., & Restrepo, J. (2009)

4.2.1 Hongos

Los hongos forman la mayor parte de la biomasa del suelo; su distribución es determinada por la disponibilidad de carbono orgánico, dado a que los hongos del suelo son fundamentalmente organismos saprofitos que crecen en los tejidos muertos y en descomposición, son pocos los que parasitan seres vivos, este fenómeno sucede cuando se disturba el medio. Por lo general, los hongos se encuentran, en mayor cantidad en los primeros 15 centímetros del suelo. En condiciones de exceso de humedad disminuyen su población, debido a la falta de oxígeno para subsistir, las levaduras pueden vivir en ambientes anaeróbicos, obteniendo el oxígeno necesario del proceso de fermentación de los azúcares.

Este grupo es el principal descomponedor de materia orgánica, capaz de degradar materiales complejos como celulosa, almidón, lignina, etc. (Coyne, M. 2000).

4.2.2 Bacterias

Las bacterias tienen la capacidad de descomponer la materia orgánica, como también la inorgánica; son los organismos más indicados para desintoxicar un suelo (Pinheiro, S. 2009).



Uno de los métodos para categorizar las bacterias es la tinción de Gram. Esta prueba trabaja por la capacidad de permeabilidad de la pared celular. Las bacterias Gram positivas tienen la pared celular cuarenta veces más gruesa que las bacterias Gram negativas (80 nm frente a 2 nm). Las positivas se tiñen de azul; y las negativas, de un tono rojizo; esto se debe a que su delgada capa no puede retener el cristal violeta (Coyne, M. 2000).

Las bacterias por su metabolismo versátil son capaces de vivir en ambientes inhóspitos para otros organismos, numéricamente ocupan el segundo lugar en poblar el suelo, superadas solamente por los virus. Una muestra de 1 g de suelo sano puede contener alrededor de 4000 bacterias genéticamente diferentes (Coyne, M. 2000).

Las bacterias se caracterizan por su gran capacidad de adaptación a los más diversos ambientes, un ejemplo de esta adaptación son los *Bacillus*, capaces de vivir en un rango de pH de 2 a 8 y temperaturas de -5° C a 75° C, algunos de los cuales son fijadores de nitrógeno (Coyne, M. 2000).

“La mayoría de las bacterias del suelo que son importantes para las plantas con heterótrofas (no producen su alimento), aerobias (consumen o respiran oxígeno) y mesófitas por su resistencia a las temperaturas medias” (Simons, J. 2014).



5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Materiales de campo

- Pala
- Barreta
- Azadón
- Espátula
- Fundas plásticas, capacidad de 1 kilo
- Cinta adhesiva
- Marcadores permanentes
- Colador de plástico

5.1.2 Materiales de laboratorio

- Papel filtro N° 4 de 18.5 cm de diámetro
- Balanza electrónica
- Caja petri de 10 cm
- Caja petri de 5 cm
- Erlenmeyer de vidrio de 100 ml
- Vaso de precipitación de 100 ml
- Cajas petri de vidrio
- Erlenmeyer de vidrio de 1000 ml



- Embudo
- Probeta de 100 ml
- Mortero de porcelana
- Frascos ámbar con tapa de 100 ml
- Agua destilada
- Jeringa de 10 ml
- Tijeras
- Regla plástica de 10 cm
- Lápiz 2HB
- Sacabocado de 2 mm
- Martillo
- Papel toalla
- Hojas de papel bond
- 100 gramos de hidróxido de sodio
- 10 gramos de nitrato de plata
- Caja de cartón grande
- 39 gramos de agar
- 54 gramos de dextrosa
- 600 gramos de papas



- 4 cc de ácido láctico al 50%
- 74 gramos de agar nutritivo
- Kit de tinción de Gram
- Autoclave
- Conductímetro
-

5.2 Métodos

5.2.1 Método utilizado en el campo para la obtención de las muestras de suelo.

Las muestras se tomaron con un barreno, cada muestra consistió de 16 sub muestras por hectárea, cada una de aproximadamente 500 g, se homogenizaron las sub muestras y de la muestra se tomaron porciones para los diferentes análisis.

5.2.1.1 Análisis Cromatográfico

Para el análisis cromatográfico, se dejó secar la muestra en un lugar ventilado pero no expuesta a los rayos del sol. Se pasó por un tamiz de 2 mm o número 10. Las muestras fueron enfundadas e identificadas.



Foto 1. Toma de muestra de suelo.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.2 Método utilizado en el laboratorio para análisis cromatográfico.

5.2.2.1 Preparación del suelo

- 1) Se tomó la muestra del suelo y con el mortero se muele hasta obtener polvo o talco.
- 2) Se pesaron 5g de lo molido, el sobrante se guardó como respaldo.



Foto 2. Pesado de la muestra.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.2.2 Preparación de la solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1%, en agua destilada.

- 1) Se pesaron 10 g de hidróxido de sodio en la balanza electrónica.
- 2) Se disolvió el hidróxido de sodio pesado, en 250 ml y luego se aforó a 1000 ml.
- 3) Se etiquetó el envase.

5.2.2.3 Preparación de la solución de nitrato de plata (AgNO_3) al 0.5%, en agua destilada

- 1) Se pesaron 0.5 g de nitrato de plata.
- 2) Se disolvió el nitrato de plata pesado, en 100 ml de agua destilada.
- 3) El envasado del mismo se realizó en un frasco de vidrio ámbar, colocándolo en un lugar fresco y oscuro, debido a su sensibilidad a la luz y al calor.



5.2.2.4 Preparación del papel filtro.

- 1) Se tomó un papel filtro, en el cual se determinó el centro exacto. Este papel nos sirvió como molde para realizar las perforaciones.
- 2) Las impregnaciones fueron controladas, realizamos marcas en el papel filtro, que sirvió de molde para marcar los demás papeles.
- 3) A partir del centro, se marcó círculos a los 5 cm y a los 7 cm. La primera marca permite controlar hasta donde recorre el $AgNO_3$ y la siguiente permite controlar hasta donde recorre la solución de suelo.
- 4) Sobre máximo cuatro papeles filtro se coloca el sacabocado y se realiza la perforación.
- 5) Todos los papeles utilizados fueron perforados con una aguja quirúrgica a los 5 cm y 7 cm del centro.



Foto 3. Papel marcado para ocuparlo como matriz para los papeles a trabajar.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.2.5 Preparación de los pabilos de infiltración de papel filtro.

- 1) Se realizó una cuadrícula de 2 cm por 2 cm sobre el papel filtro.



- 2) Se recortaron los cuadrados del papel filtro.
- 3) Con la ayuda de un clavo fino, se procedió a enrollarlos, en forma de sorbete.



Foto 4. Preparación de pabilos para impregnaciones.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.2.6 Preparación solución de suelo con hidróxido de sodio (NaOH).

- 1) Se tomaron 50 cc de la solución de hidróxido de sodio al 1% preparada anteriormente, y en ella se colocaron los 5 g de suelo, pesados previamente; para esto se ocupó un erlenmeyer de 125cc.
- 2) Se procedió a girar de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, constantemente. Se realizaron de 6 a 7 giros a cada lado por un tiempo aproximado de dos minutos.
- 3) La solución se dejó reposar por 15 minutos y se repitió la acción indicada anteriormente por 2 min.
- 4) Nuevamente se dejó reposar por un lapso de 60 minutos, y se repitió los giros por un tiempo aproximado de 2 minutos.

- 5) Finalmente se dejó reposar por 6 horas mínimo y no se volvió a agitar. En este punto ya está lista la solución de suelo para el análisis.



Foto 5. Preparación de la solución de suelo.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.2.7 Impregnación de la solución de nitrato de plata (AgNO_3) en el papel filtro

- 1) Se insertó el pabito en el orificio del centro del papel filtro que fue perforado por el sacabocados de 2 mm.
- 2) Se tomó 2 cajas petri y colocamos una de 5 cm de diámetro, de manera centrada, dentro de una de 10 cm.
- 3) Se colocó la solución de plata (AgNO_3) en la caja petri de 5 cm.
- 4) Al papel se colocó de manera centrada sobre las cajas petri, tomando siempre cuidadosamente por el borde. El pabito absorbió la solución de nitrato de plata y la traslada al papel, esparciendo por el papel de forma



circular, se controló que recorra hasta la marca de los 5 cm que fue señalada anteriormente.

- 5) Una vez que se realizó la impregnación hasta los 5 cm, muy cuidadosamente y tomando por los bordes, se levantó el papel filtro y retiramos el pabilo, halando por la parte de abajo para evitar salpicaduras.
- 6) Se colocó entre papel secante de cocina, que a su vez fue colocado entre hojas de papel bond, totalmente limpio.
- 7) El proceso de impregnación fue realizado en una cámara oscura, el papel filtro impregnado y cubierto se colocó en una caja de cartón bien cerrada, para evitar el ingreso de luz.
- 8) La impregnación tardó de 3 a 4 horas.

Observación:

Los 100 ml de $AgNO_3$ sirven para unas 60 o 70 muestras debido a que el consumo es mínimo.

5.2.2.8 Impregnación de la solución de suelo en el papel filtro

- 1) Una vez que se dejó reposar el papel filtro impregnado en la solución de plata, se tomaron 2 cajas petri, se colocó la de 5 cm de diámetro, de manera centrada, dentro de la de 10 cm.
- 2) Dentro de la caja petri de 5 cm, con una jeringa de 5 cc a 10 cc, se procedió a colocar la solución de suelo, tomado de la parte superior del envase en donde se encuentra la solución.
- 3) Se procedió a insertar el pabilo en el orificio del centro del papel filtro que fue perforado por el sacabocados de 2 mm.



- 4) Se permitió que la solución de suelo recorra hasta los 7 cm señalados previamente. Este proceso fue desarrollado en ausencia de luz directa, buscando la mínima cantidad de claridad, por la sensibilidad del papel impregnado con $AgNO_3$.



Foto 6. Impregnación de solución de suelo.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.2.9 Revelado

- 1) Una vez que la solución del suelo recorrió hasta los 7 cm, se tomó por el borde el papel filtro y se retiró el pabito halando por la parte de abajo para evitar salpicaduras.
- 2) Muy cuidadosamente, se colocó el papel filtro entre hojas limpias de papel bond bon y se dejó secar por 16 horas en ausencia de luz.
- 3) Una vez seco, el croma se expuso a luz indirecta por 10 días.
- 4) Para mejor conservación de los cromas se aplicó una pequeña capa de parafina. La parafina fue derretida en un sartén metálico, se sumergió el croma e inmediatamente se retiró y se secó al aire libre

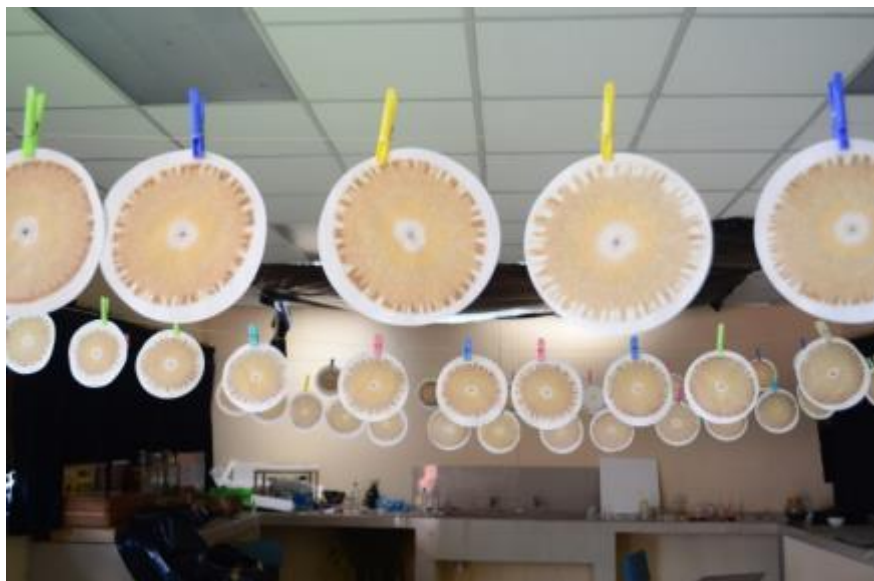


Foto 7. Revelado y secado de los cromas.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.2.10 Análisis del cromatograma

Se analizó el croma tomando en cuenta cuatro aspectos importantes para la determinación de un suelo fértil y saludable.

- a. Color
- b. Forma radial
- c. Interacción
- d. Terminación

Se categorizó en una escala determinada de la siguiente manera.

- a. 0 = ausencia
- b. 1 = bajo
- c. 2 = medio
- d. 3 = alto



5.2.3 Método utilizado para análisis microbiológico.

5.2.3.1 Preparación de PDA

- 1) Se cocinaron 200 gramos de papa pelada y troceada, por 5 minutos en 500 cc de agua en el autoclave.
- 2) Se procedió a diluir los 13 gramos de agar con los 18 gramos de dextrosa en agua caliente.
- 3) Se mezcló la papa con la dextrosa y el agar.
- 4) La mezcla se licuó y se agregaron 25 gotas de ácido láctico al 50 %
- 5) Los 1000 ml de mezcla se distribuyeron en dos erlenmeyer con capacidad de 1000 ml, se los tapó con papel aluminio y se procedió a esterilizar en la autoclave.
- 6) Se tapa bien y se insertó en la autoclave para esterilizar el medio de cultivo, distribuyendo los 1000 ml
- 7) Las cajas petri fueron esterilizadas en la autoclave.
- 8) Se esterilizó la cámara de flujo laminar, al igual que todos los materiales a utilizarse.
- 9) Terminado el proceso de esterilización, los materiales fueron llevados a la cámara de flujo laminar.
- 10) Se colocaron aproximadamente 28 ml a 30 ml de medio BDA en cada caja petri, lo suficiente para que cubra la base de la caja.
- 11) Se esperó que se solidifique el medio de cultivo en la caja petri.
- 12) Seguidamente se procedió al enfundado y almacenamiento de las cajas con el medio de cultivo en el refrigerador.



5.2.3.2 Preparación de agar nutritivo para bacterias

- 1) Se procedió a diluir los 24 gramos de agar nutritivo en 1000 ml de agua caliente.
- 2) Los 1000 ml de mezcla se distribuyeron en dos erlenmeyer con capacidad de 1000 ml, se los tapó con papel aluminio y se procedió a esterilizar en la autoclave.
- 3) Las cajas petri fueron esterilizadas en la autoclave.
- 4) Se esterilizó la cámara de flujo laminar, al igual que todos los materiales a utilizarse.
- 5) Terminado el proceso de esterilización, los materiales fueron llevados a la cámara de flujo laminar.
- 6) Se colocaron aproximadamente 28 ml a 30 ml de la solución de agar nutritivo en cada caja petri, lo suficiente para que cubra la base de la caja.
- 7) Se esperó que se solidifique el medio de cultivo en la caja petri.
- 8) Seguidamente se procedió al enfundado y almacenamiento de las cajas con el medio de cultivo en el refrigerador.

5.2.3.3 Preparación de solución de suelo para propagación de hongos en PDA

Esta metodología se desarrolló mediante pruebas de laboratorio las cuales fueron experimentadas, comprobadas y evaluadas en los laboratorios de microbiología de la Facultad de Ciencias Agropecuaria, bajo el apoyo del laboratorista encargado del mismo, Ing. Francisco Merchán M Sc.

- 1) Se pesó un gramo de suelo.



- 2) Se colocó el gramo de suelo en 100 ml de agua esterilizada y se agitó hasta homogenizar la solución.
- 3) De la solución realizada en el paso 2 (solución A), se tomaron 5 ml y se agregó 5 ml de agua estéril, así se obtuvo la solución B.
- 4) Se homogenizaron estos 10 ml y se tomó una muestra. En cada caja petri se colocaron 3 gotas de la solución B, equivalente a colocar 0.556 mg de suelo en cada caja.
- 5) Con una aza se procedió a distribuir de manera uniforme la solución dentro de la caja petri.
- 6) Luego de etiquetado, se colocó por 5 días en incubación.



Foto 8. Siembra de suelo en medio de cultivo para hongo PDA.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.3.4 Preparación de solución de suelo para propagación de bacterias en agar nutritivo

Esta metodología se desarrolló mediante pruebas de laboratorio las cuales fueron experimentadas, comprobadas y evaluadas en los laboratorios de microbiología de la Facultad de Ciencias Agropecuaria, bajo el apoyo del laboratorista encargado del mismo, Ing. Francisco Merchán M. Sc.

- 1) De la solución B se tomaron 2 ml y se adicionó 2 ml de agua estéril, obteniendo la solución C.
- 2) De la solución C se colocaron 3 gotas en las cajas petri, equivalente a colocar 0.278 mg de suelo en cada caja.
- 3) Con una aza se procedió a distribuir de manera uniforme la solución dentro de la caja petri.
- 4) Luego de etiquetado se colocó por 3 días en incubación.



Foto 9. Homogenización de la solución en la superficie del medio de cultivo.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.3.5 Análisis de población de hongos

Para el análisis de hongos se procedió de la siguiente manera:

- 1) Una vez transcurridos 3 días desde la siembra de la solución de suelo en el medio de cultivo, se sacaron los cultivos de la cámara de incubación.
- 2) Se tomaron tres cajas de las siembras realizadas por cada muestra analizada.
- 3) Se contabilizó el número de colonias desarrolladas en cada caja.
- 4) Se promedió el número de colonias desarrolladas en las cajas.
- 5) Se calculó mediante regla de tres la cantidad de unidades propagativas presentes en 1 g de suelo.

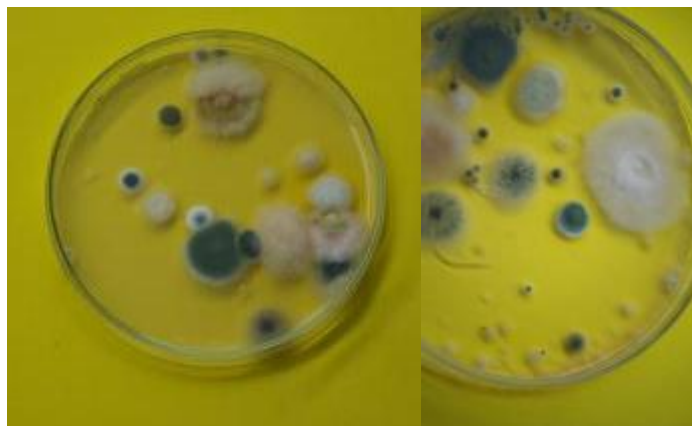


Foto 10. Análisis de colonias presentes en el medio de cultivo.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.3.6 Análisis de población de bacterias

Para el análisis de bacterias se procedió de la siguiente manera:

- 1) Una vez transcurridos 5 días desde la siembra de la solución de suelo en el medio de cultivo, se sacaron los cultivos de la cámara de incubación.
- 2) Se tomaron tres cajas de las siembras realizadas por cada muestra analizada.
- 3) Se contabilizó el número de colonias que se encontrabas en cada caja a través de tres cuadrícula de 3 ml cada una, colocadas de forma triangular en sobre la caja.
- 4) Se promedió en número de colonias desarrolladas en las tres cuadrículas
- 5) A través de reglas de tres, de determinó el número de colonias por caja petri, en función del área de cada una de ellas.
- 6) Luego, se procedió a promediar el número de colonias encontradas en las cajas.



- 7) Se calculó mediante regla de tres la cantidad de unidades propagativas presentes en 1 g de suelo.



Foto 11. Caja petri lista para realizar el conteo de colonias.

Fuente: El Autor. (2013).

5.2.4 Análisis físicos

5.2.4.1 Análisis de densidad aparente

Para el análisis de densidad aparente se trabajó en función de la fórmula:

$$D. a. = \frac{\text{peso seco de suelo}}{\text{volumen del cilindro}}$$

Se pesaron los recipientes en donde luego de procedió a colocar la muestra

- 1) Se colocaron las muestras en los recipientes y se colocaron en la estufa a 105° C.
- 2) Se determinó el volumen del cilindro.
- 3) Se pesó la muestra luego de 24 horas de introducida a la estufa y se restó el peso del recipiente para determinar el peso de suelo seco de la muestra.
- 4) Se dividió el peso del suelo seco para el volumen del cilindro.



5.2.4.2 Análisis de conductividad eléctrica

Para este procedimiento se trabajó una relación 1:5 en relación peso / volumen.

10g de suelo : 50 cc de agua destilada

- 1) Pesamos los 10 g de suelo secado en condiciones ventiladas y no expuesto al sol.
- 2) Se procedió a medir 50 ml de agua destilada y se mezcló con el suelo pesado
- 3) Se homogenizó la mezcla con ayuda de una varilla de cristal por periodos de 3 minutos, alternando con 2 minutos de reposo, por 4 veces.
- 4) En un embudo, en el que previamente se colocó un papel filtro, se agregó la solución de suelo y se obtuvo un líquido filtrado para el análisis.

En esta solución se sumergió el electrodo del conductímetro para obtener la lectura del valor de la conductividad eléctrica.

5.2.5 Análisis estadístico

Regresión logístico Ordinal

Se ha determinado el Modelo de regresión logístico ordinal debido a que la variable dependiente es una variable cualitativa ordinal, el estudio corresponde al campo del análisis multivariante. Según Visauta, B. y MArtori, J. 2003, este procedimiento añade a los modelos vistos hasta el momento la posibilidad de analizar en el mismo dos o más variables dependientes simultáneamente, en lugar de una única y donde el modelo de regresión permite estudiar relaciones causales entre distintas variables. Para las pruebas posteriores se ha determinado una significancia del 5% y bajo un enfoque de regresión económica promedio, la misma que considera la construcción de un modelo de regresión bajo un número de variables dadas; y en base al diagnóstico, se procede a mejorar la misma.



El análisis se realizó de una manera global del cromatograma, frente a las otras variables determinadas por los valores de laboratorio y entregados por Agrocalidad; y también, de una manera individual frente a la misma variable del cromatograma.

El modelo de regresión logístico ordinal basa su diseño en la fórmula:

$$P(x_k) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Donde:

$$z = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots \dots \dots \beta_k x_k$$

x_k = Variable independiente.

$P(x_k)$ = Probabilidad de tomar una categoría de la variable dependiente.

e = Base de los logaritmos naturales (2.708281829).

El estadístico R^2 nos permitirá analizar si el modelo se ajusta a los datos. El valor escogido es el correspondiente a las pruebas de Cox y Snell, siendo este el que fue considerado para el presente trabajo, el cual nos permiten determinar el grado de ajuste que tiene un modelo para los datos.

Los valores obtenidos se categorizaron en variables dependientes e independientes, como se indica a continuación.

Regresión Lineal

Adicional a esto, realizamos un análisis de regresión lineal, en el cual ponderamos por resultados obtenidos en los valores obtenidos de la escala planteada en los cromatogramas.



De igual manera los valores se categorizo los valores resultados entregados en el análisis químico por Agrocalidad en donde se tomó los valores sugeridos por los mismos para asignar valores para el análisis.

Bajo = 1

Medio = 2

Alto = 3

El modelo de regresión lineal basa su diseño en la fórmula:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots \dots + \varepsilon$$

En donde

y = Variable dependiente, explicada o regresando.

$x_1 + x_2 \dots \dots x_k$ = Variable dependiente, explicada o regresando.

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 \dots \dots \beta_k$ = Parámetros, miden la influencia que las variables explicativas tienen sobre el regresando.

ε = Error



Cuadro 4. Descripción de las variables dependientes y las variables independientes.

VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES
Color	Hongos
	Bacterias
	pH
	Materia Orgánica (MO)
Forma Radial	Nitrogeno (N)
	Fosforo (P)
	Potasio (K)
	Calcio (Ca)
Interacción	Magnesio (Mg)
	Hierro (Fe)
	Manganeso (Mn)
	Cobre (Cu)
Terminación	Zinc (Zn)
	Densidad aparente (Da)
	Conductividad eléctrica (CE)

Fuente: El Autor. (2013).



5.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS LUGARES DE EXPERIMENTACIÓN

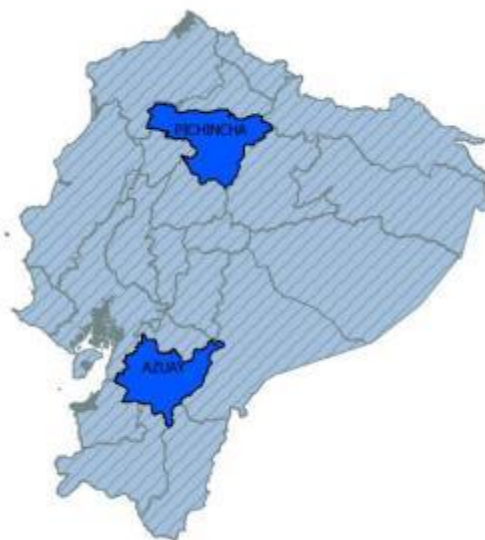


Imagen 14. Mapa de las provincias donde se realizó la investigación.

Fuente: El Autor. (2013).

5.3.1 Suelos hortícolas.

Ubicación:

Cantón: Quito

Elevación: 2608 m s.n.m.

Latitud: 00°13'30" S

Longitud: 78°20'29" W

Parroquia: Pifo

Provincia: PICHINCHA

Las muestras 1-9 corresponden a suelos de manejo orgánico, pertenecientes al Sr. Francisco Gangotena, productor hortícola. Estos suelos han sido manejados por 20 años sin aplicaciones de pesticidas o fertilizantes químicos y abonado periódico con composta elaborada en la misma finca más incorporación de ceniza



volcánica bajo un sistema de rotación de cultivos completa en todas sus parcelas. Al momento del muestreo en las parcelas seleccionadas se desarrollaban cultivos de asociados de hortalizas. Las muestras de este sitio están etiquetadas como Orgánicas.

La muestra 10, corresponde a un cultivo de tomate de mesa (*Lycopersicum esculentum*) con incorporación de composta, fertilizantes solubles de origen sintético y controles fitosanitarios convencionales. Esta muestra es denominada Convencional 1.

Muestra 27, hortalizas manejadas con todo el paquete convencional para cultivo de hortalizas. Rotación de cultivo únicamente con *Brassicaceae* y *Daucus carota*. Esta muestra es denominada Convencional 2.

5.3.2 Suelos florícolas.

Ubicación:

Cantón: Cayambe

Elevación: 2840 m s.n.m.

Latitud: 00°03'08" N

Longitud: 78°08'11" W

Parroquia: CAYAMBE

Provincia: PICHINCHA

Las muestras 11-18 corresponden a la finca Flores de Nápoles, propiedad del Ing. Fausto Falconí. Esta finca se encuentra en proceso de conversión a un sistema orgánico desde el 2008. Fertilización se realiza a través de biofermentos, microorganismos, bocashi, re-mineralización y abonos verdes; el manejo fitosanitario se lo realiza con extractos de plantas, las rosas están asociadas con hortalizas y plantas aromáticas; todos los insumos son elaborados en la misma finca. (Orgánico)



La muestra 26, corresponde a una florícola convencional próxima a Flores de Nápoles. (Convencional)

5.3.3 Suelos australes.

Cantón: Guachapala

Elevación: 2289 m s.n.m.

Latitud: 02°46'39" S

Longitud: 78°45'32" W

Parroquia: Guachapala

Provincia: Azuay

La muestra 19 corresponde al lote de manzana de la finca El Romeral, propiedad de la Universidad de Cuenca. Este lote se encuentra bajo manejo convencional y con aplicación de humus realizado en la misma. Ocupación de fertilizantes sintéticos y aplicación de compensadores de horas frío.

La muestra 20, corresponde a un lote de alfalfa de la finca El romeral, propiedad de la Universidad de Cuenca. Suelo descubierto y aplicado previamente glifosato. Al momento de la toma de la muestras se encontraba volteado y expuesto al sol.

Cantón: El Pan

Elevación: 2560 m s.n.m.

Latitud: 02°46'00" S

Longitud: 78°39'00" W

Parroquia: El Pan

Provincia: Azuay

Las muestras 21-23 corresponden a suelos productores de mora del cantón El Pan. Estos suelos habían recibido incorporaciones periódicas de materia orgánica del mismo cultivo, la muestra 23 tiene aplicaciones de biofermentos cada 4 meses.



Cantón: Paute

Elevación: 2289 m s.n.m.

Latitud: 02°44'22" S

Longitud: 78°46'32" W

Parroquia: Bulán

Provincia: Azuay

Las muestras 24 y 25 corresponden a suelos de cultivo de tomate de mesa de zona Bulán, del cantón Paute manejado de manera convencional y aplicaciones de biofermentos orgánicos.



6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las imágenes y datos presentados a continuación revelan el comportamiento de los suelos en estudio, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo, tomando en cuenta los factores químicos, físicos y biológicos de los mismos.

6.1 Resultados de análisis cromatografía

Muestra 1: Suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.

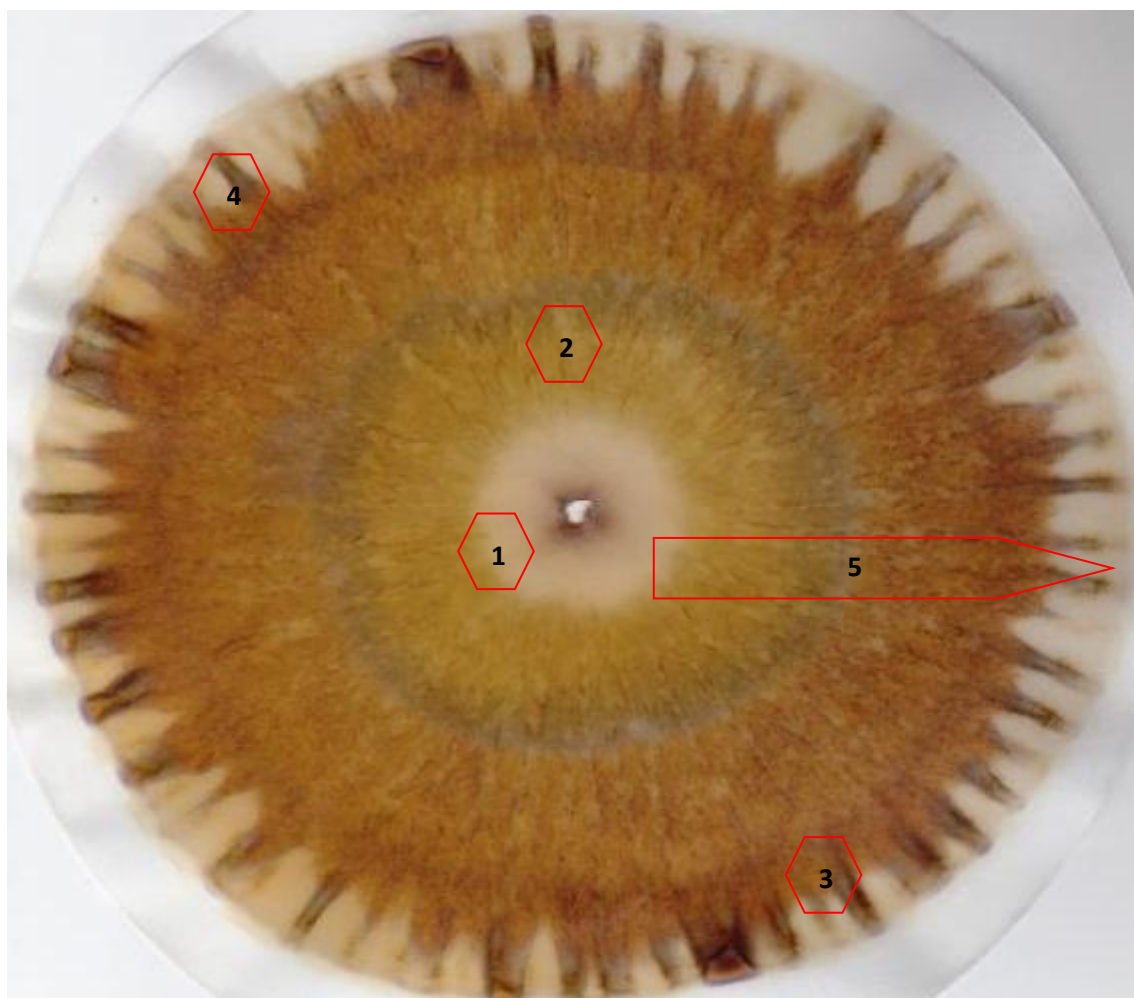


Imagen 15. Resultado cromatográfico de la muestra 1.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 2: Suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.

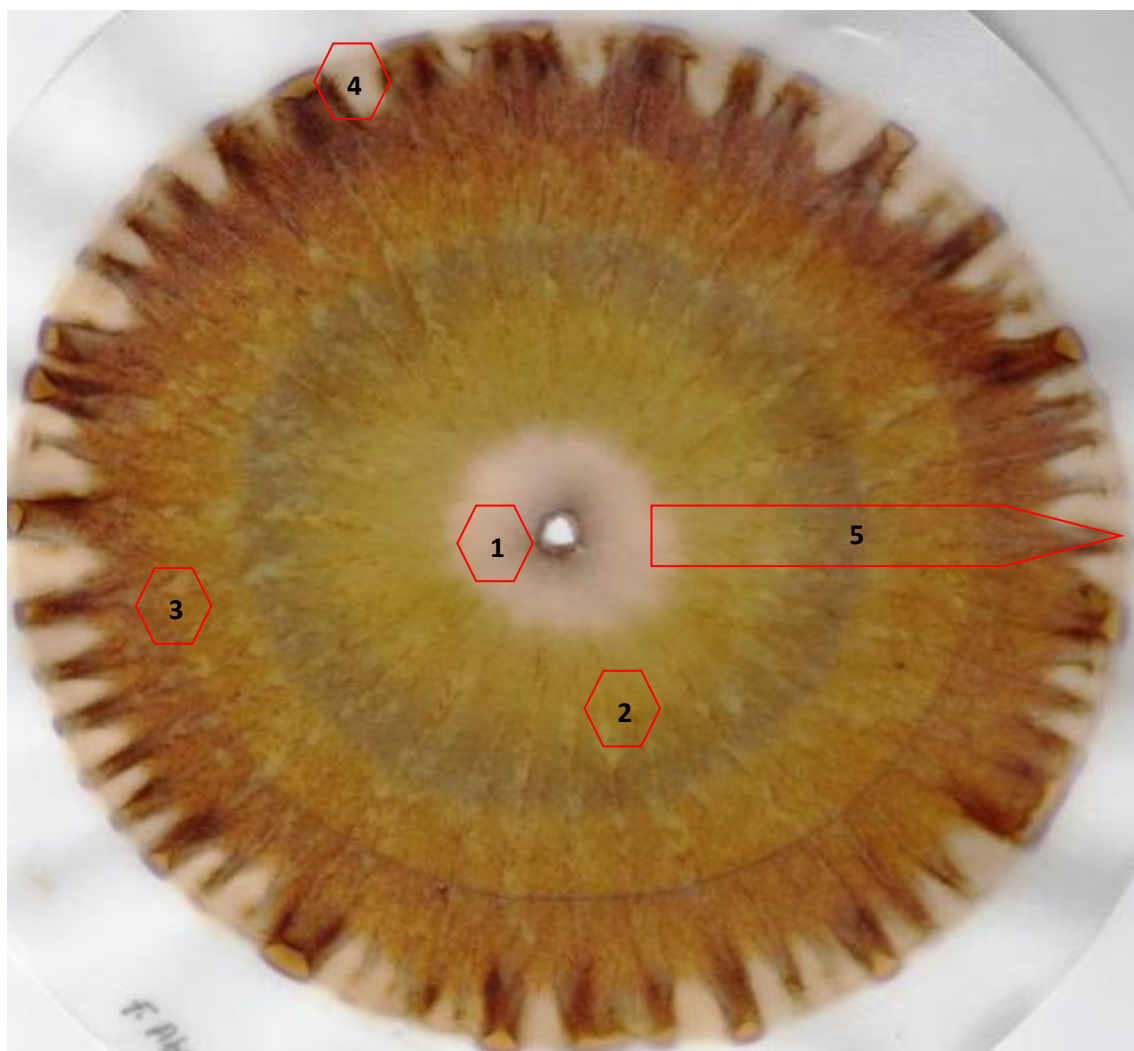


Imagen 16. Resultado cromatográfico de la muestra 2.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 3: Suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.

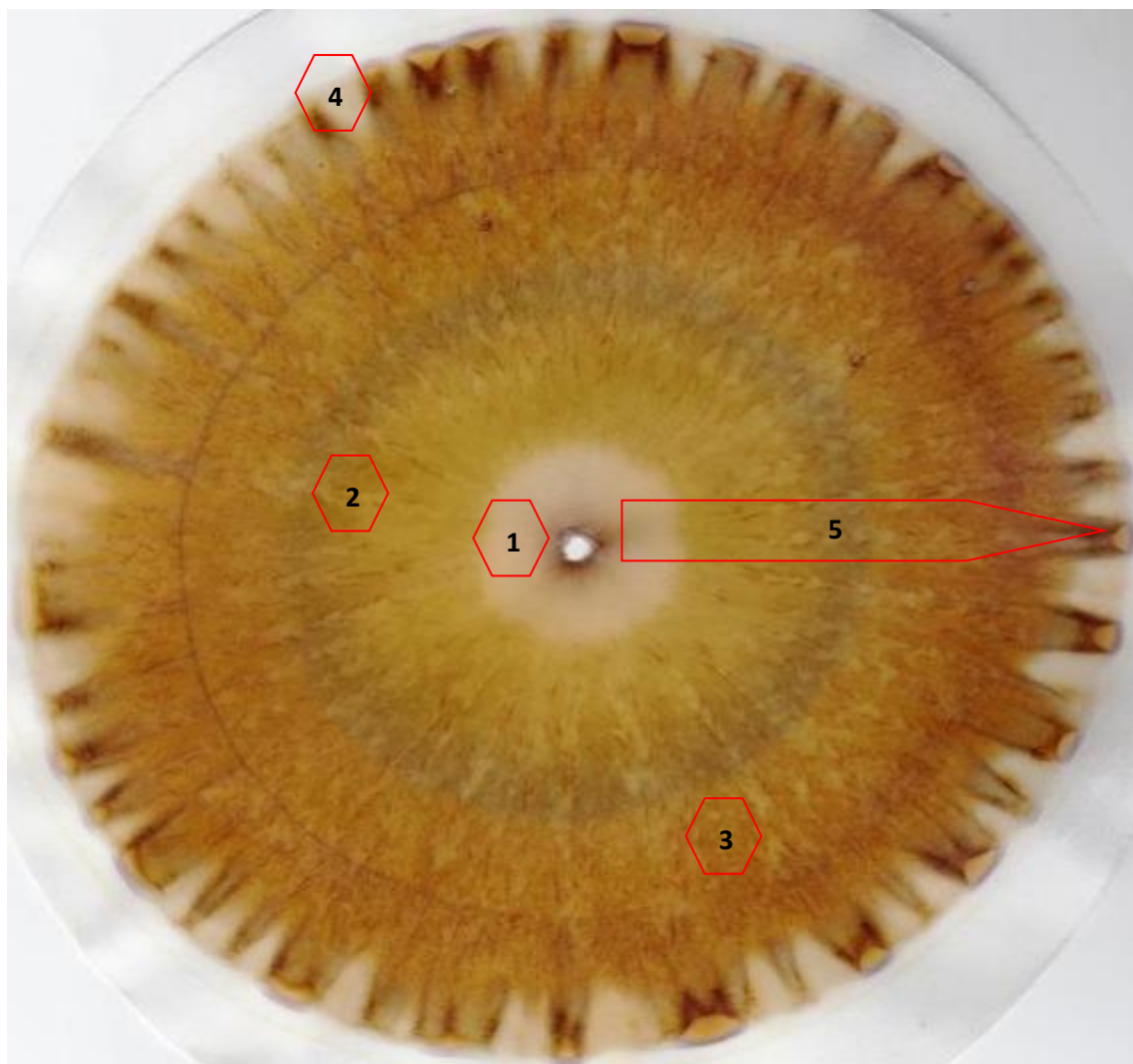


Imagen 17. Resultado cromatográfico de la muestra 3.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 4: Suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.

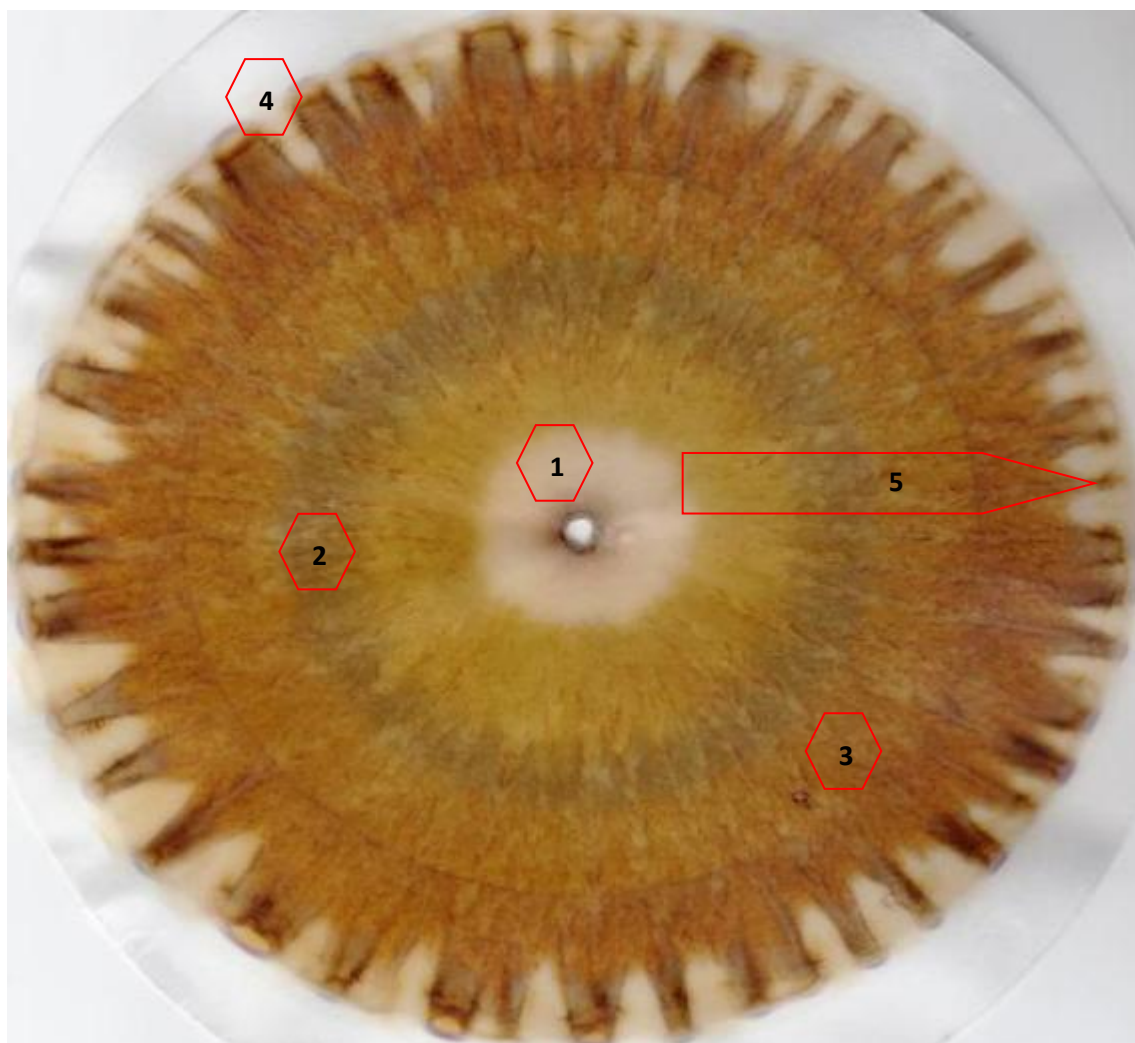


Imagen 18. Resultado cromatográfico de la muestra 4.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 5: Suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.

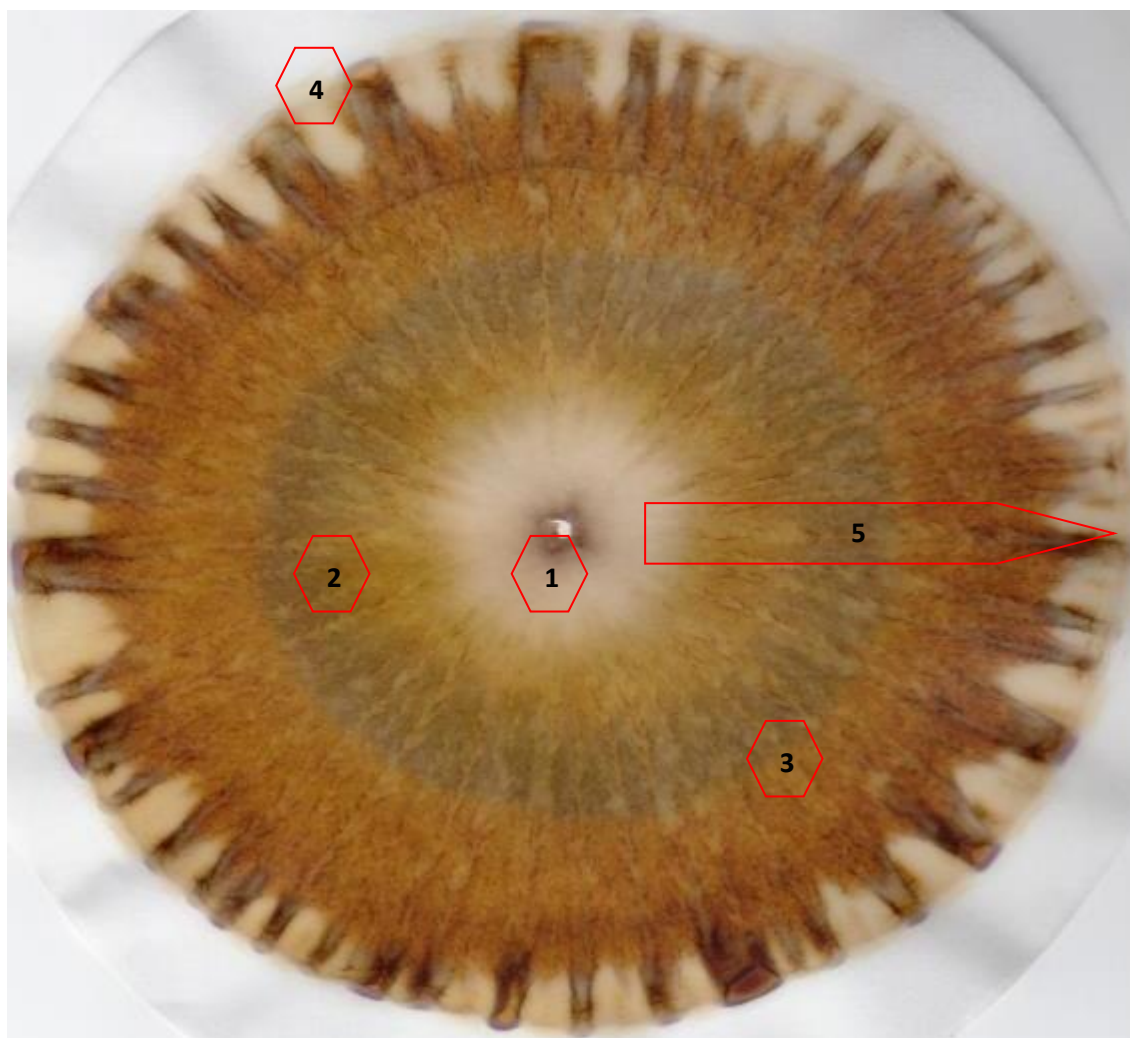


Imagen 19. Resultado cromatográfico de la muestra 5.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 6: Suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.

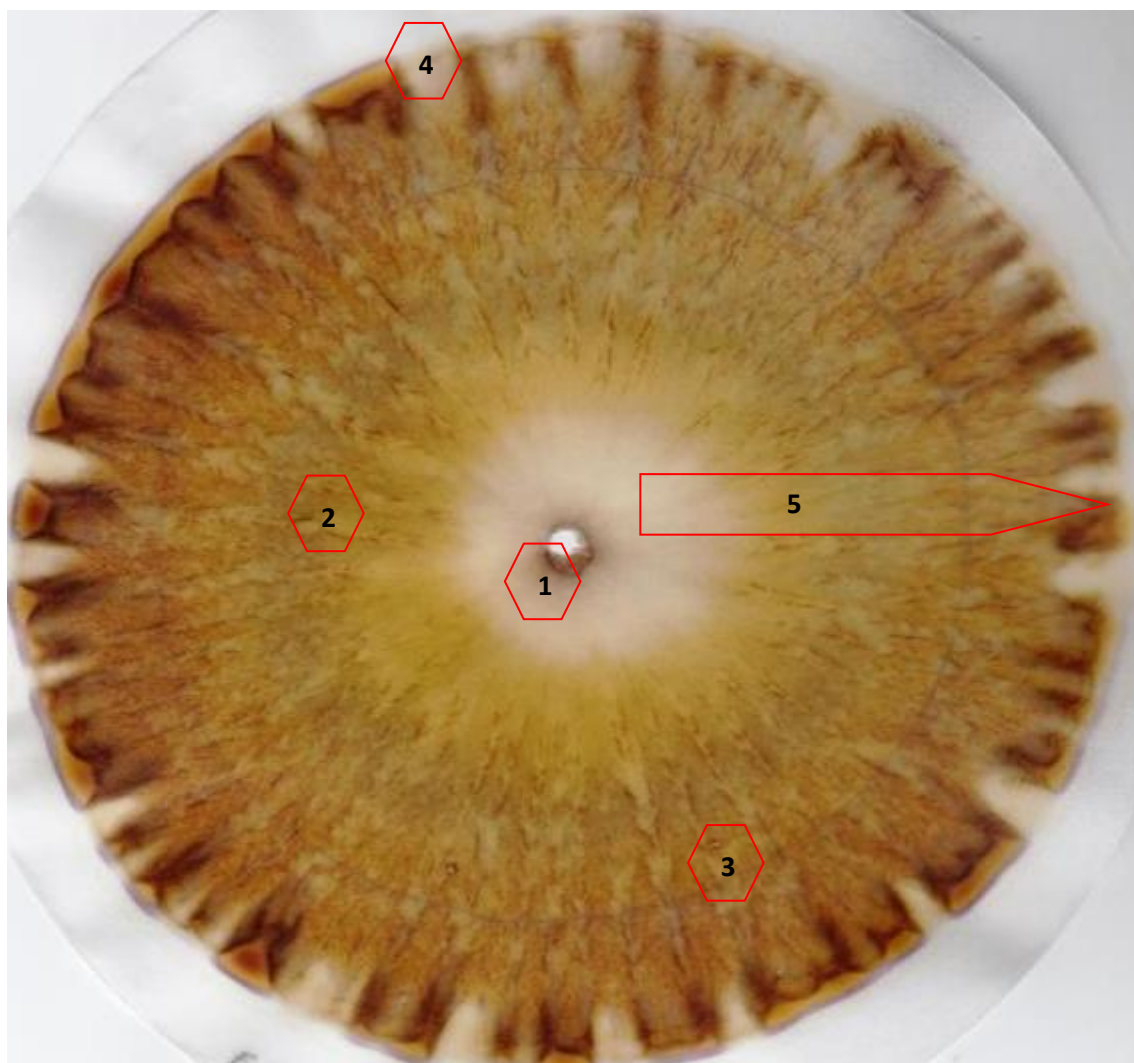


Imagen 20. Resultado cromatográfico de la muestra 6.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 7: Suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.

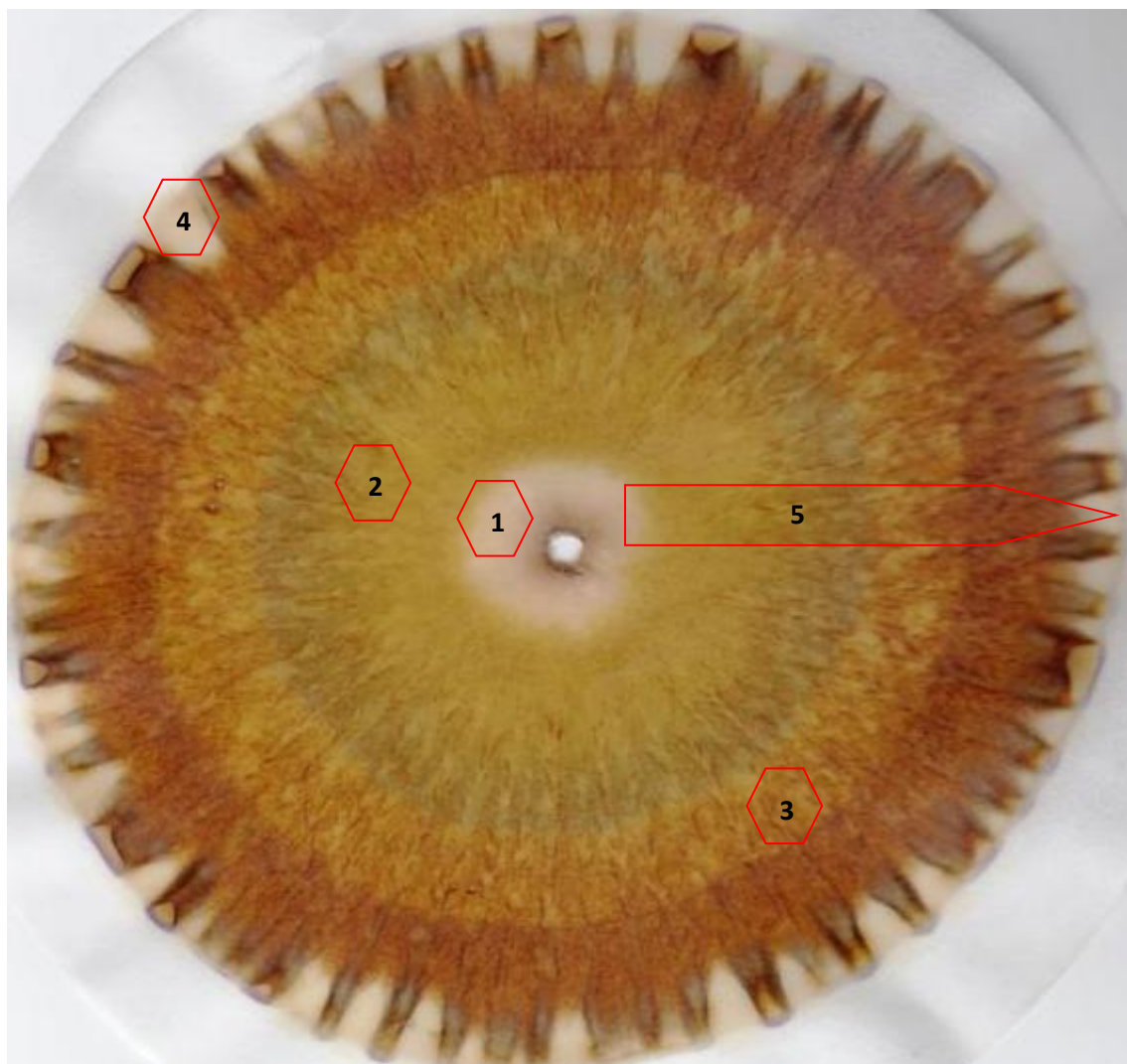


Imagen 21. Resultado cromatográfico de la muestra 7.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 8: Suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.

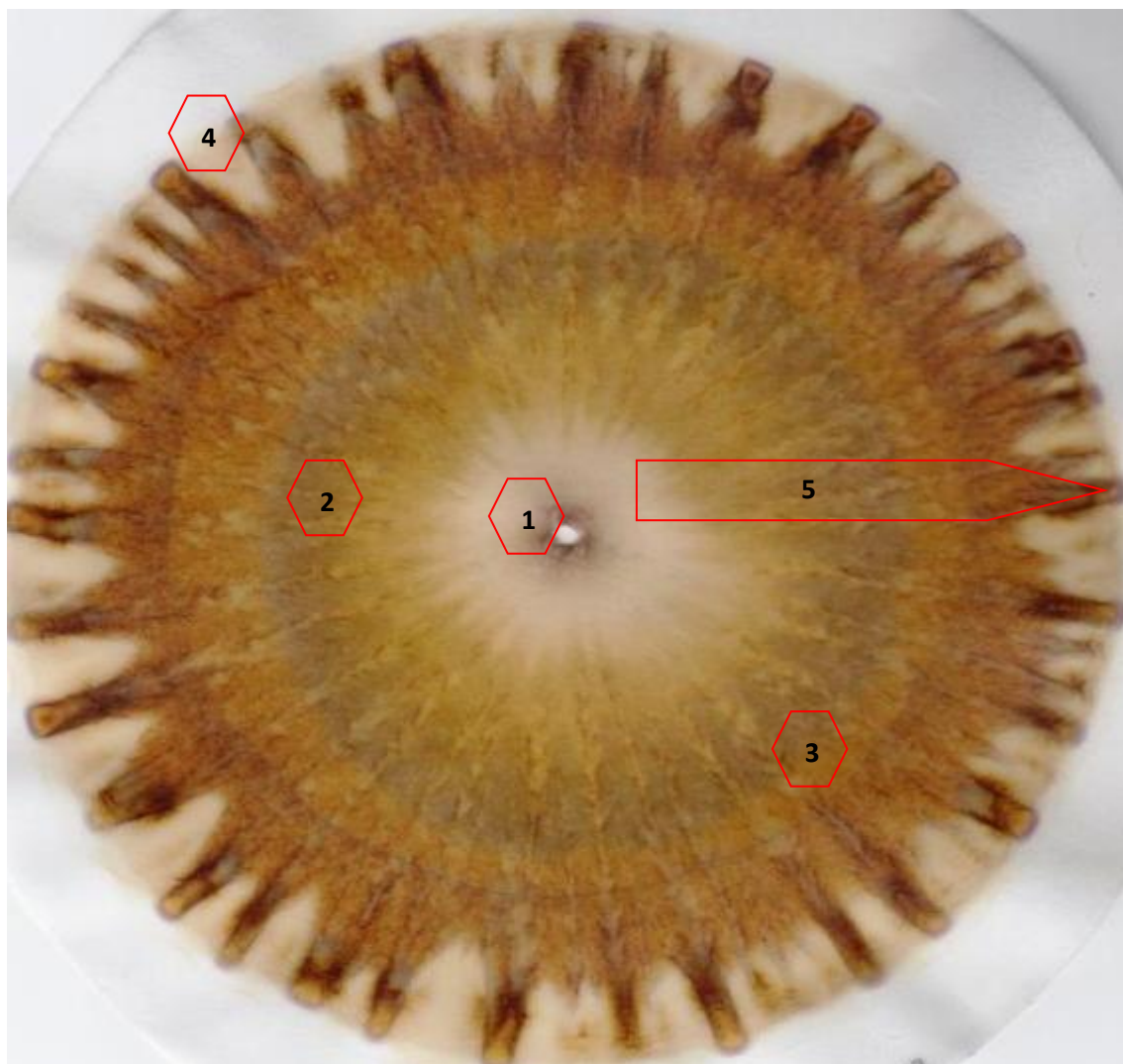


Imagen 22. Resultado cromatográfico de la muestra 8.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 9: Suelo de manejo orgánico con incorporación de composta.

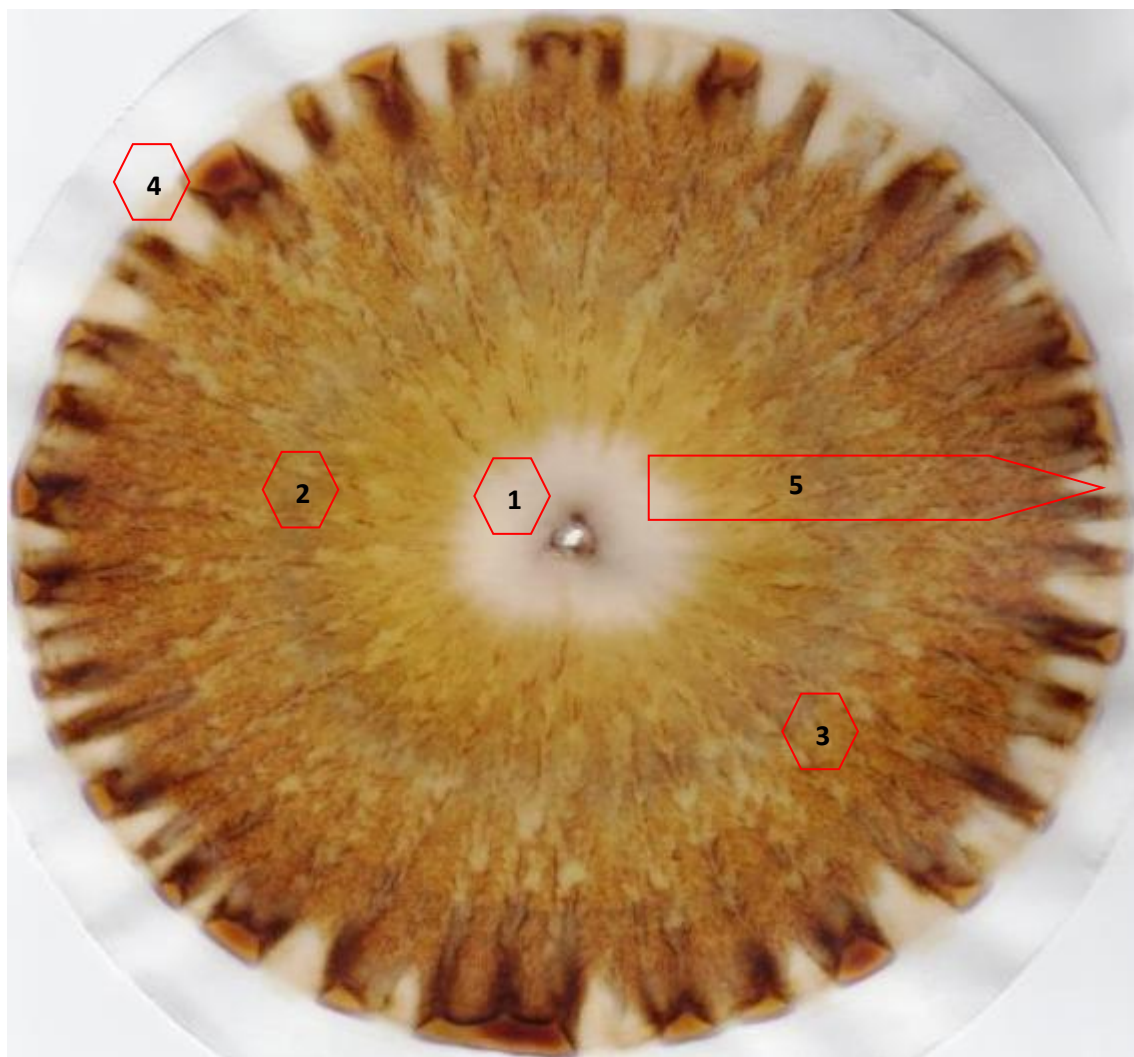


Imagen 23. Resultado cromatográfico de la muestra 9.

Fuente: El Autor. (2013).



DETALLES DE LOS CROMATOGRAMAS 1 al 9:

- 1) La zona central muestra un color cremoso. Un suelo con buena estructura y la interacción tenue con la zona mineral.
- 2) Zona mineral, presenta una diversidad e integración entre el suelo y la materia orgánica, sin existir cambios drásticos de coloración.
- 3) La zona que presenta la materia orgánica, indica la presencia ídea de la misma. La integración del color con la zona anterior y posterior indica la actividad de la materia orgánica y el alto contenido de celulosa y taninos, resulta en una coloración un poco obscura, por estar en proceso lento de descomposición.
- 4) Zona enzimática, la forma de las terminaciones dentadas y las sombras entre ellas muestran alta presencia de nutrientes asimilables; indica además procesos de humificación.
- 5) La formación radial, que parte desde el centro hacia las zonas externas, al mostrarse ramificada indica que existe diversidad de nutrientes y de microbiología

Al encontrar todas estas características en el cromatograma, que indican la calidad óptima del suelo permite identificar el equilibrio de la fertilidad del suelo en su contenido químico, la diversidad y actividad biológica; así como las características físicas. Las terminaciones de un color café oscuro indican que existe materia orgánica cruda aún en proceso de descomposición.

Los resultados obtenidos por los cromatogramas de las muestras antes mencionadas coinciden con las calidades tales como los colores dorados, forma radial, interacción terminación y otros; que Restrepo 2011 indica en su publicación, muestran que estamos frente a un suelo fértil. En esta publicación incluye muestras del propietario de los análisis aquí realizados, Francisco Gangotena.

Muestra 10: Suelo de manejo convencional con aplicaciones de composta.

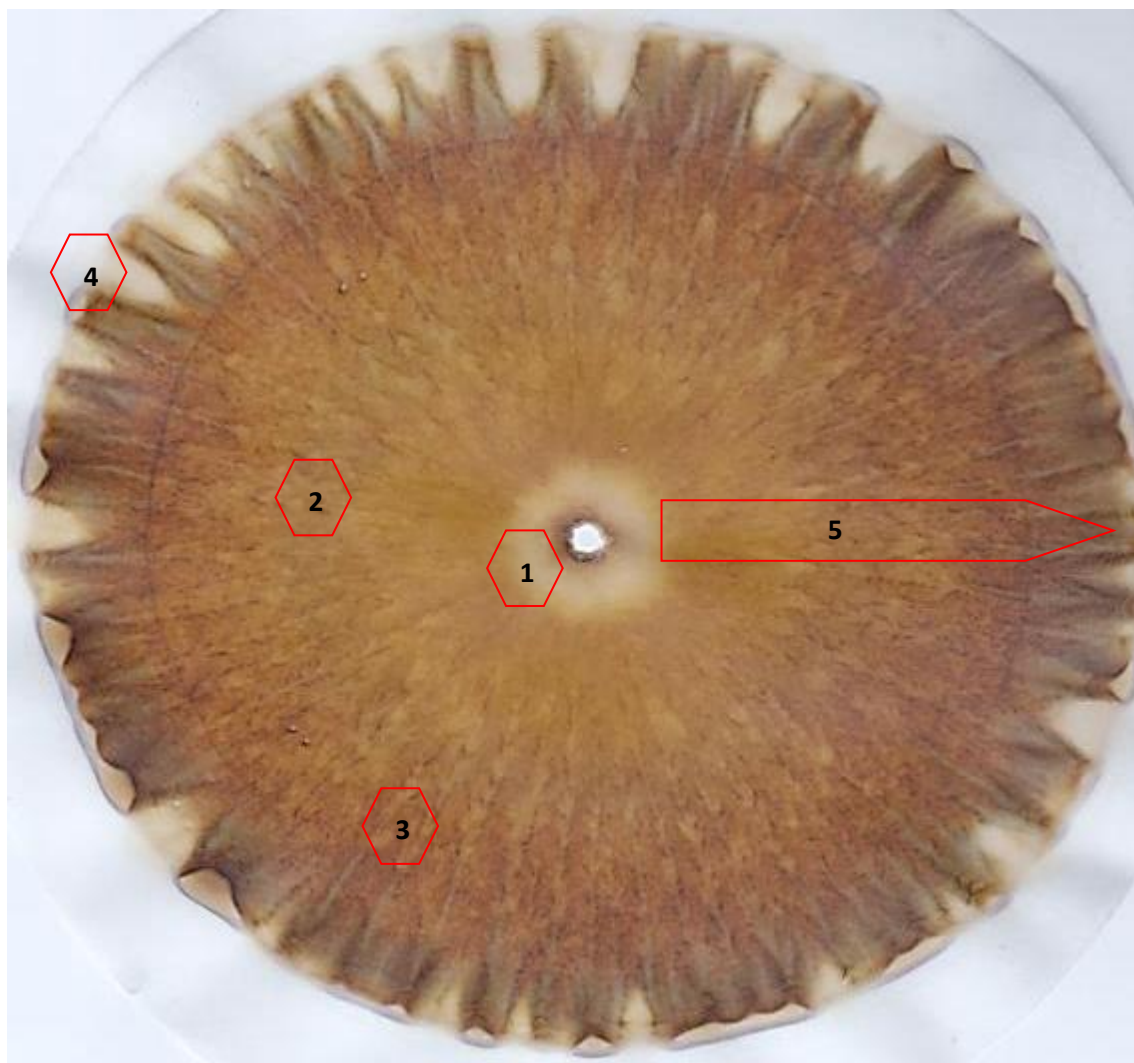


Imagen 24. Resultado cromatográfico de la muestra 10.

Fuente: El Autor. (2013).



DETALLES DEL CROMATOGRAMA:

- 1) La zona central muestra mediante el color cremoso un suelo con buena estructura y la interacción tenue la zona mineral la un suelo no compactado, con integración para la siguiente zona.
- 2) En la zona mineral se evidencia la existencia de diversidad e integración entre el suelo y minerales, sin existir cambios drásticos de coloración.
- 3) Zona de la materia orgánica se evidencia la presencia de la misma en estado lento de incorporación.
- 4) En la zona enzimática se evidencia los procesos de humificación y nutrientes asimilables por las plantas. La forma de las terminaciones dentadas y oscuras; así como las sombras que se observan entre ellas muestran un lento proceso de humificación.
- 5) La formación radial, que parte desde el centro hacia las zonas externas, al mostrarse ramificada y con una distribución uniforme de las formaciones radiales, indica diversidad de nutrientes y de microbiología.

Al encontrar estas características en el cromatograma, vemos que la incorporación de composta ayuda a la salud de suelo como indica las zonas 1 y 2, pero la alteración se observa en la zona 3 y 4 donde estamos frente a un color oscuro que evidencia un proceso más lentos de degradación de la materia orgánica presente en el suelo y disminuyendo la capacidad de humificación consecuencia del uso de técnicas convencionales. El color oscuro resultado de la disminución de biología en el suelo.

Los resultados corresponden con los datos analizados con Bakker, 2008, Retrepo, J. 2011 y Pinheiro, S. 2011; y contacto con Restrepo y Gras en el 2013.

Muestra 11: Suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos

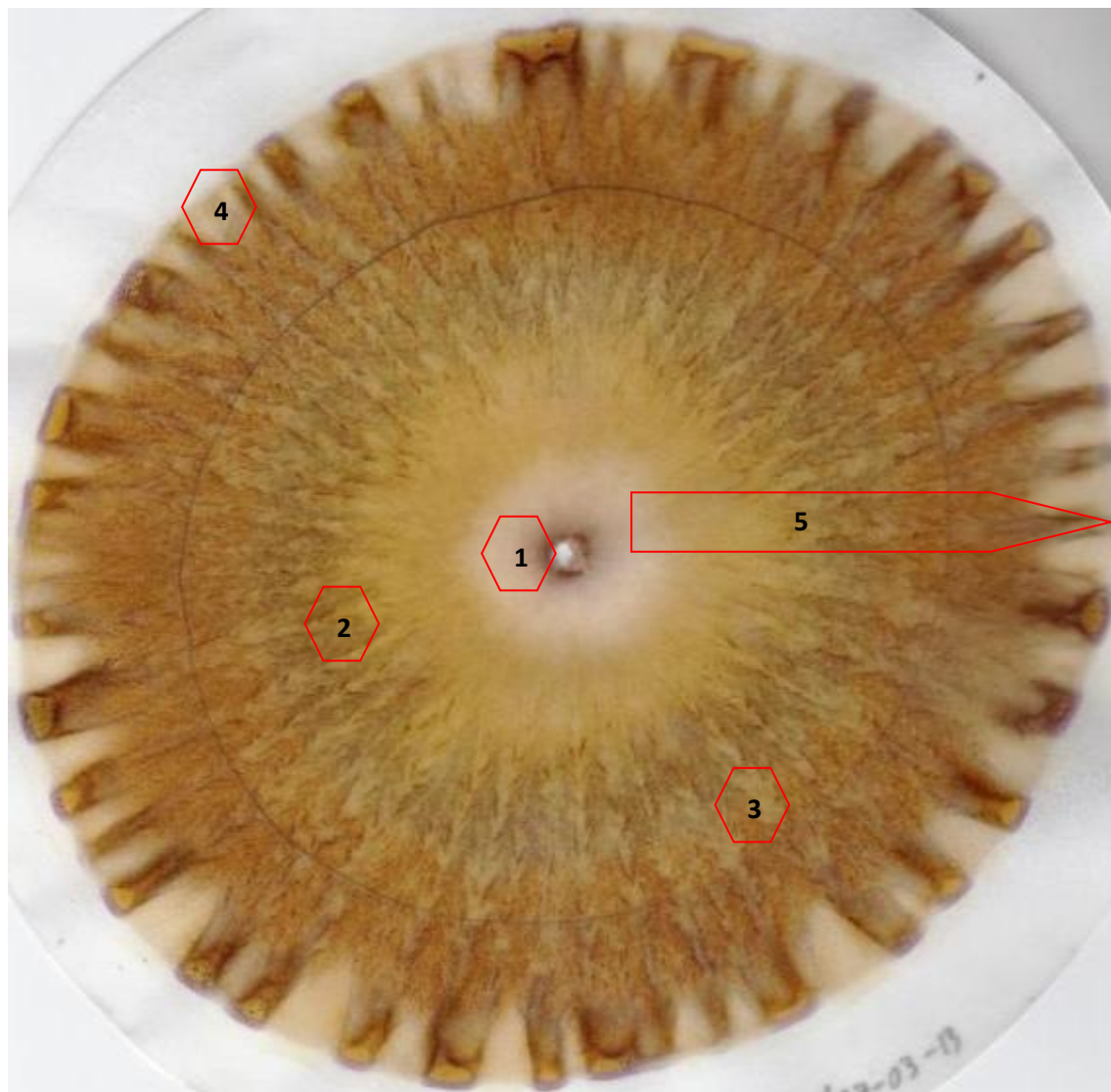


Imagen 25. Resultado cromatográfico de la muestra 11.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 12: Suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.

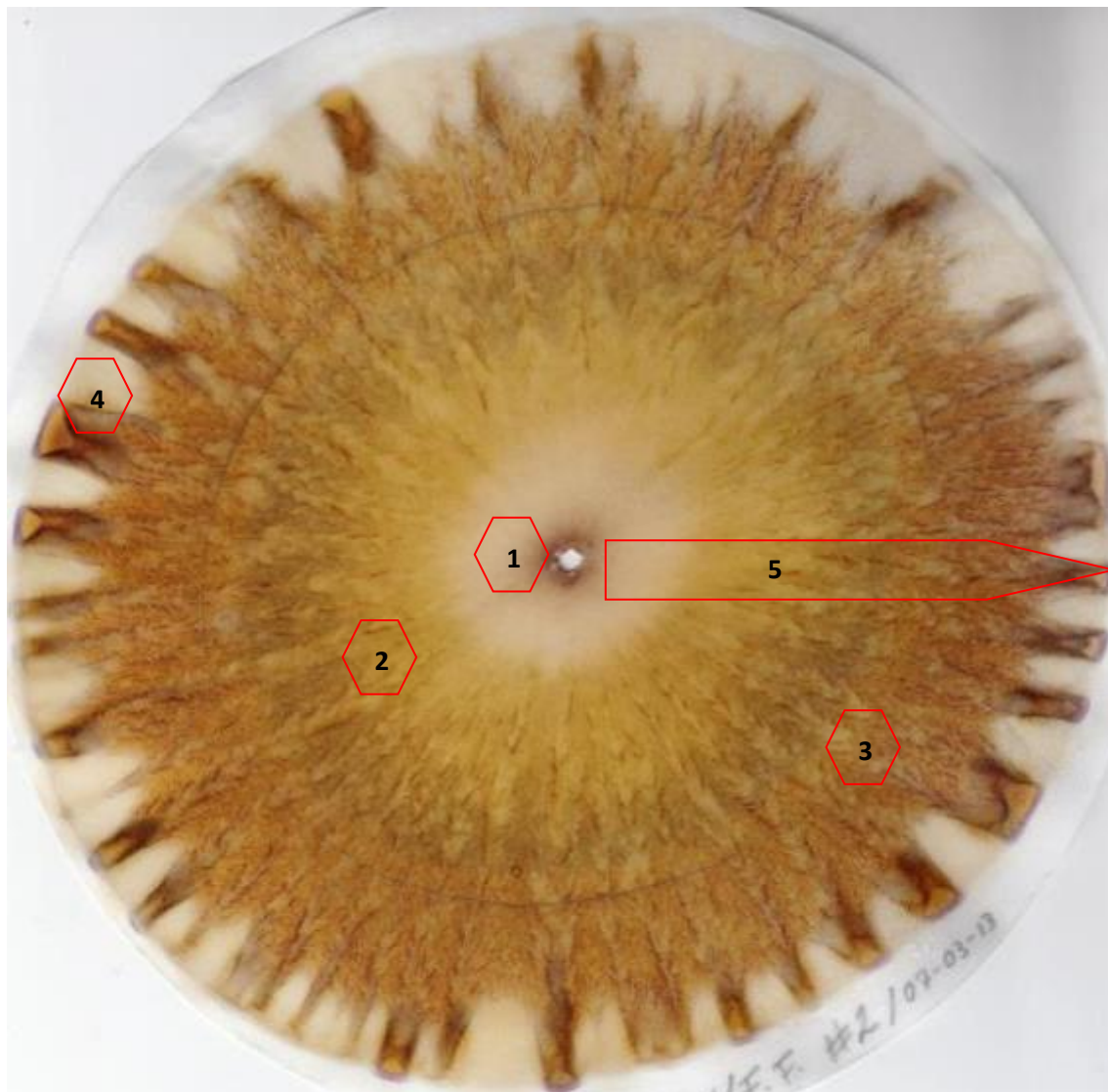


Imagen 26. Resultado cromatográfico de la muestra 12.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 13: Suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.

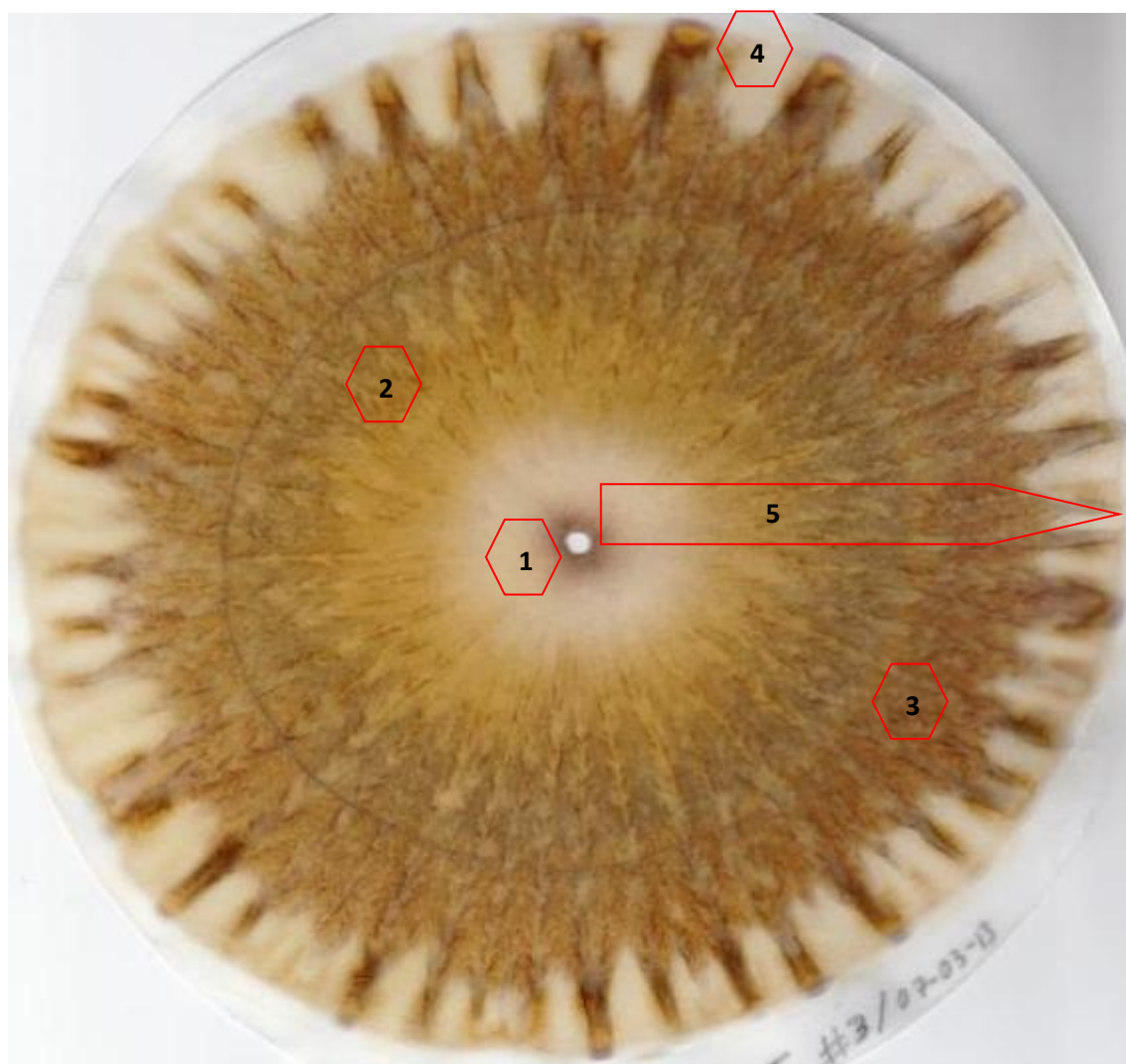


Imagen 27. Resultado cromatográfico de la muestra 13.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 14: Suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.

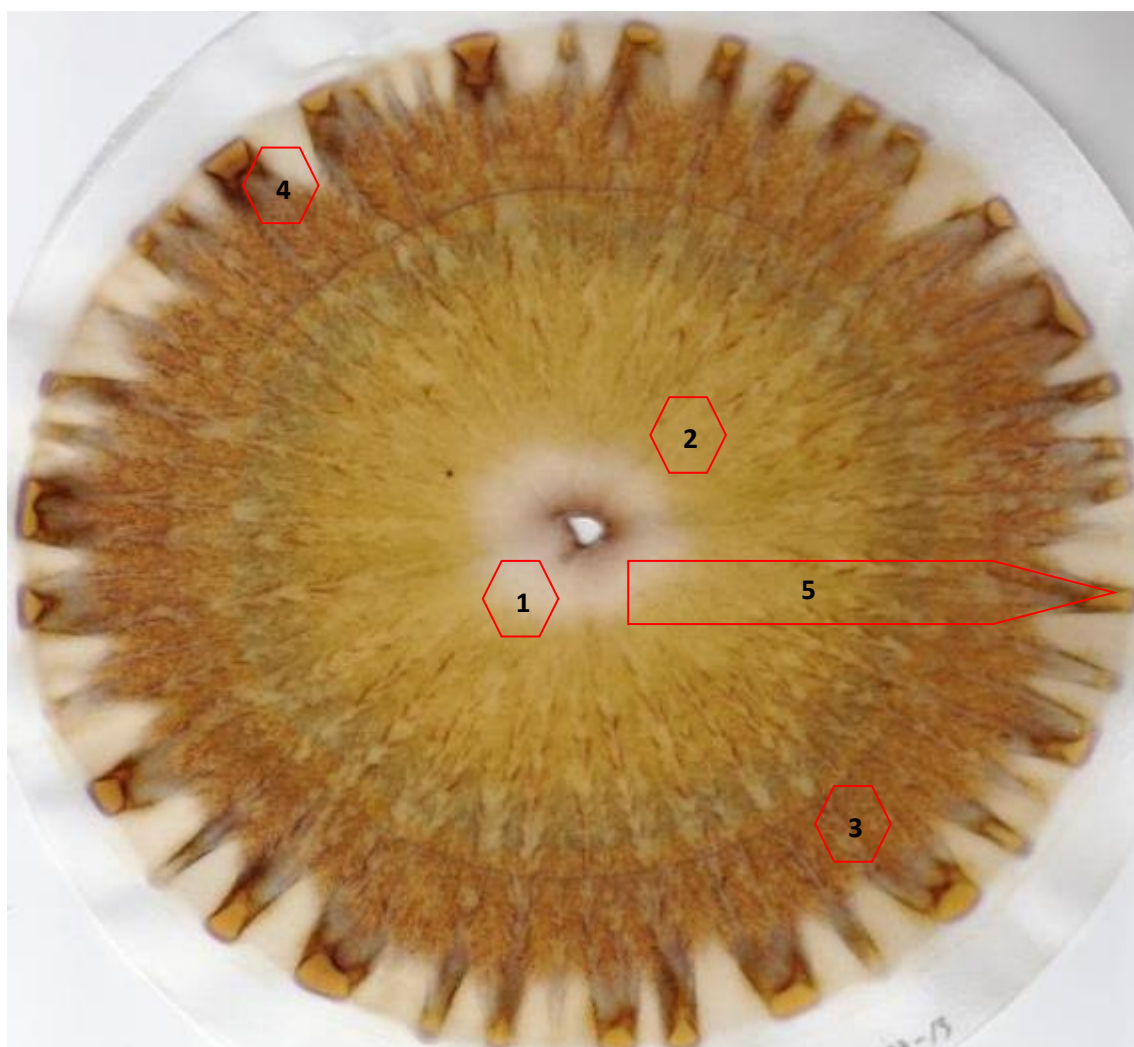


Imagen 28. Resultado cromatográfico de la muestra 13.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 15: Suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.

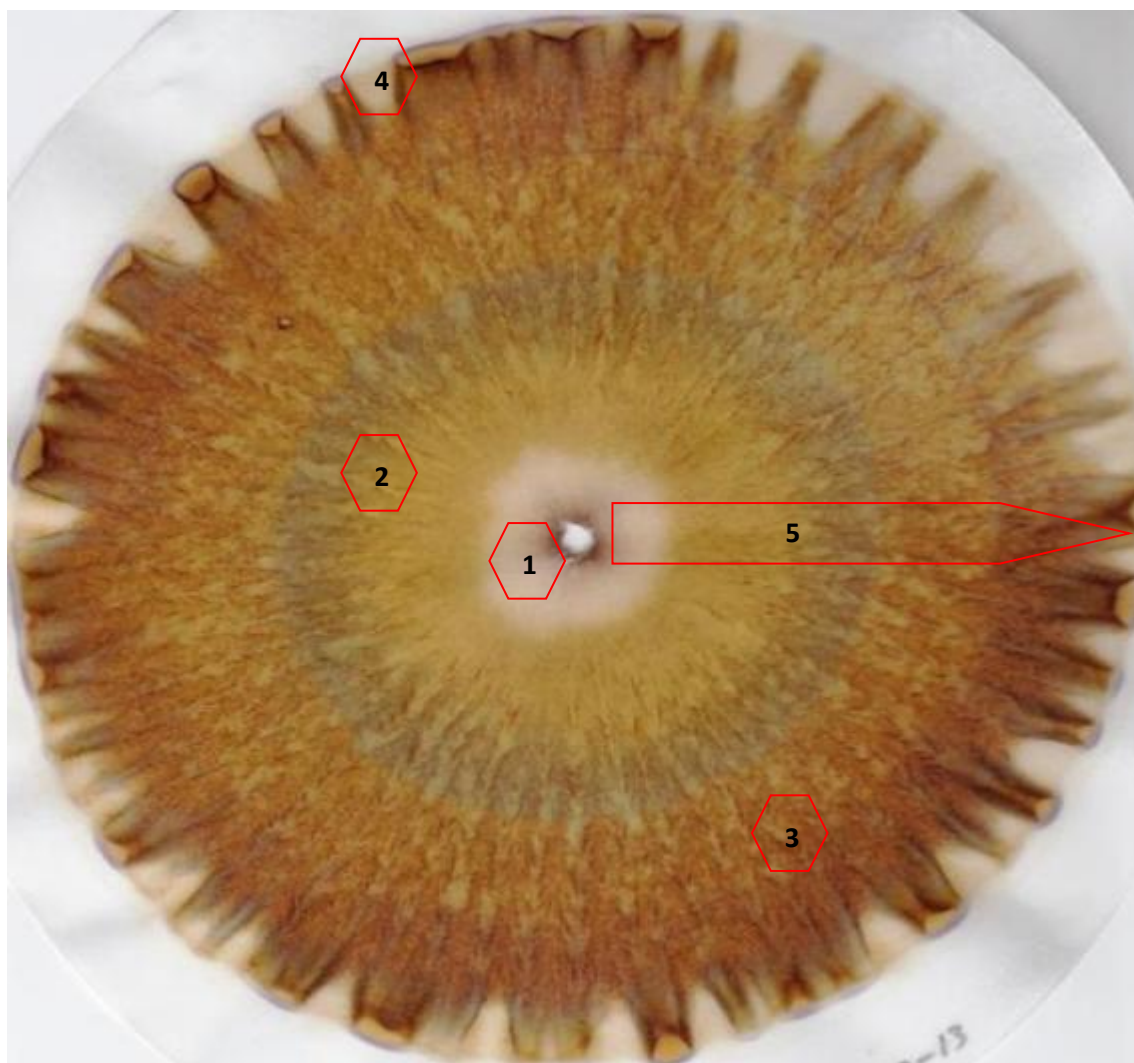


Imagen 29. Resultado cromatográfico de la muestra 15.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 16: Suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.

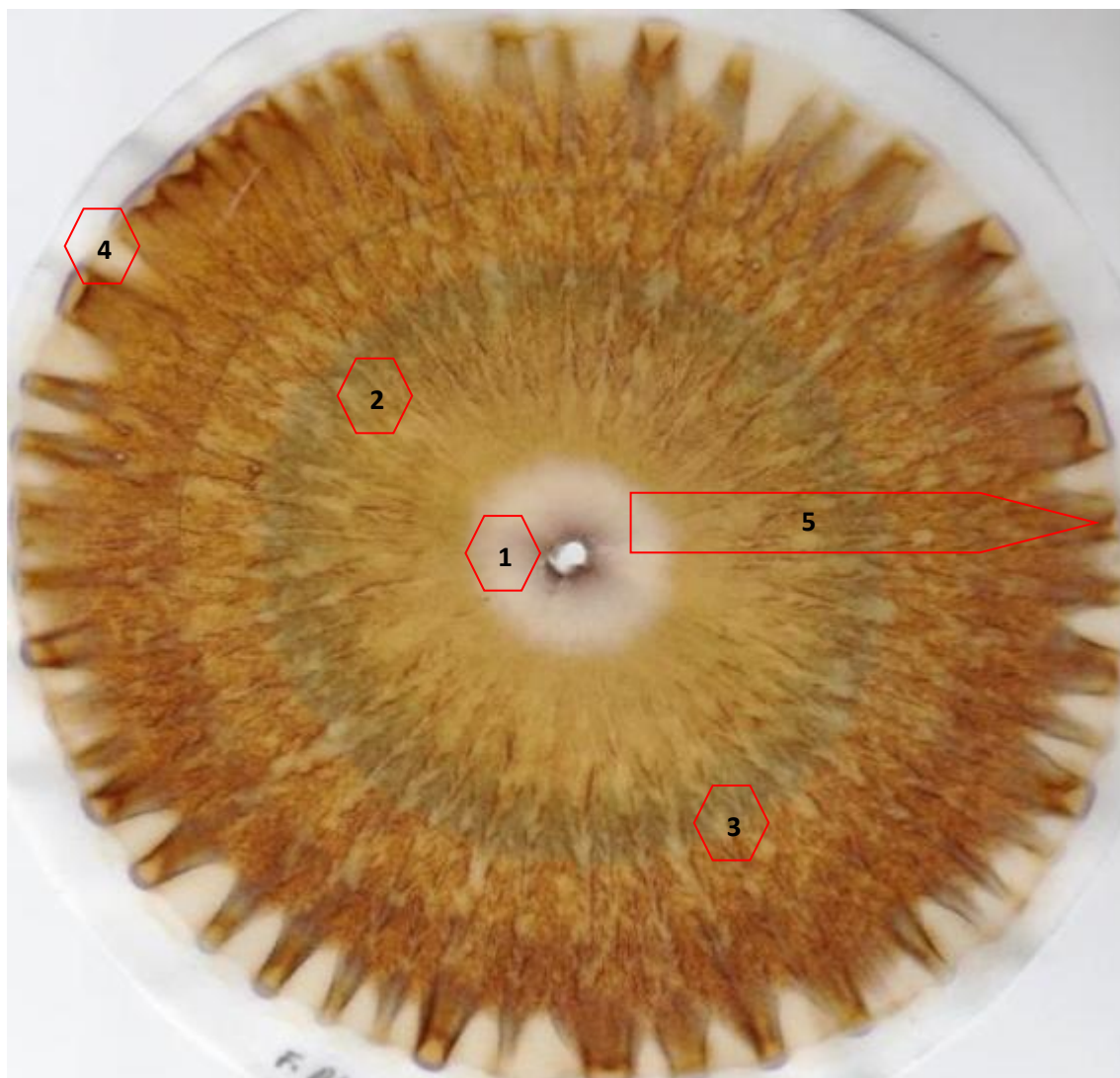


Imagen 30. Resultado cromatográfico de la muestra 16.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 17: Suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.

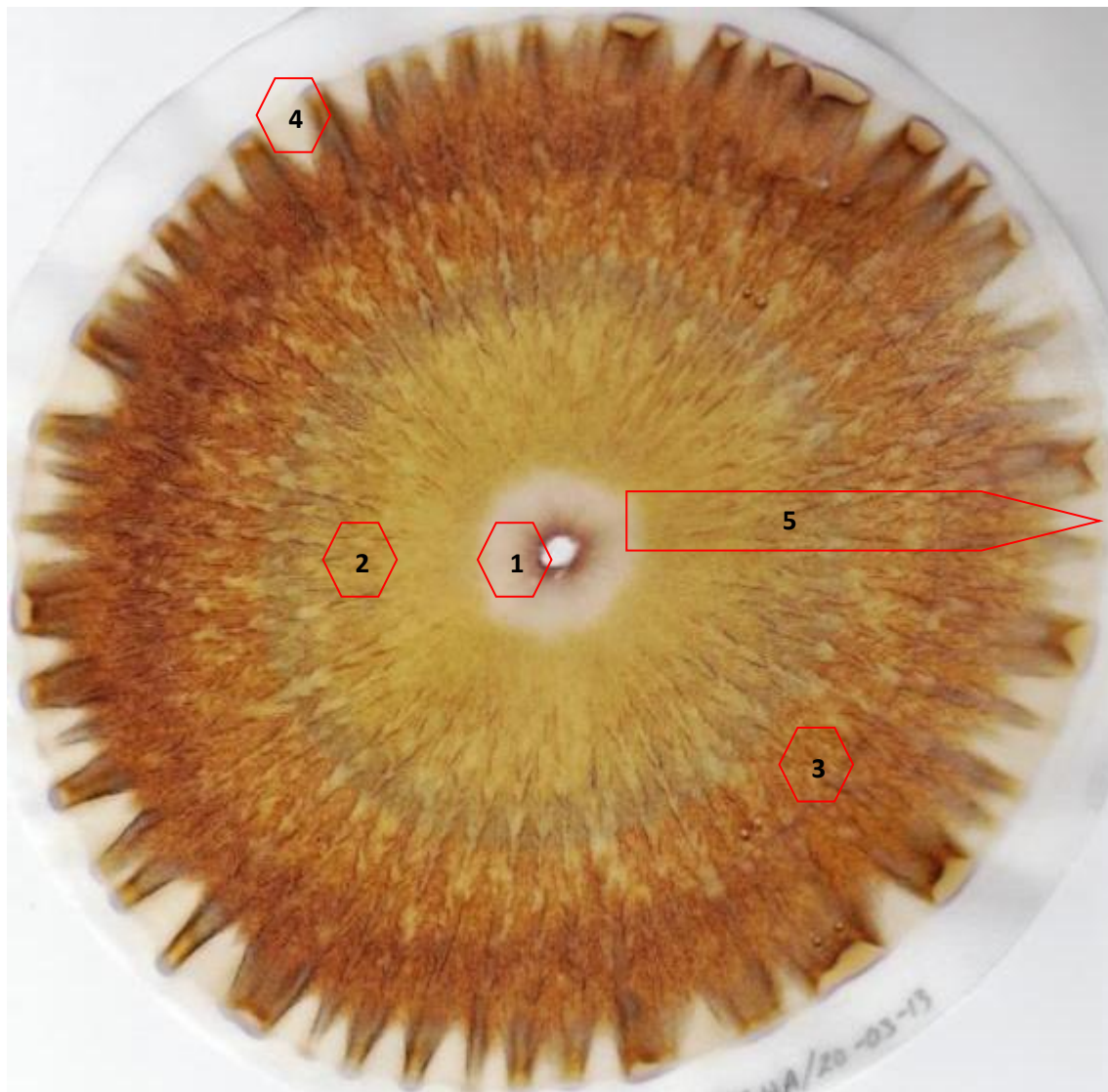


Imagen 31. Resultado cromatográfico de la muestra 17.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 18: Suelo de manejo orgánico a través de biofermentos y microorganismos.

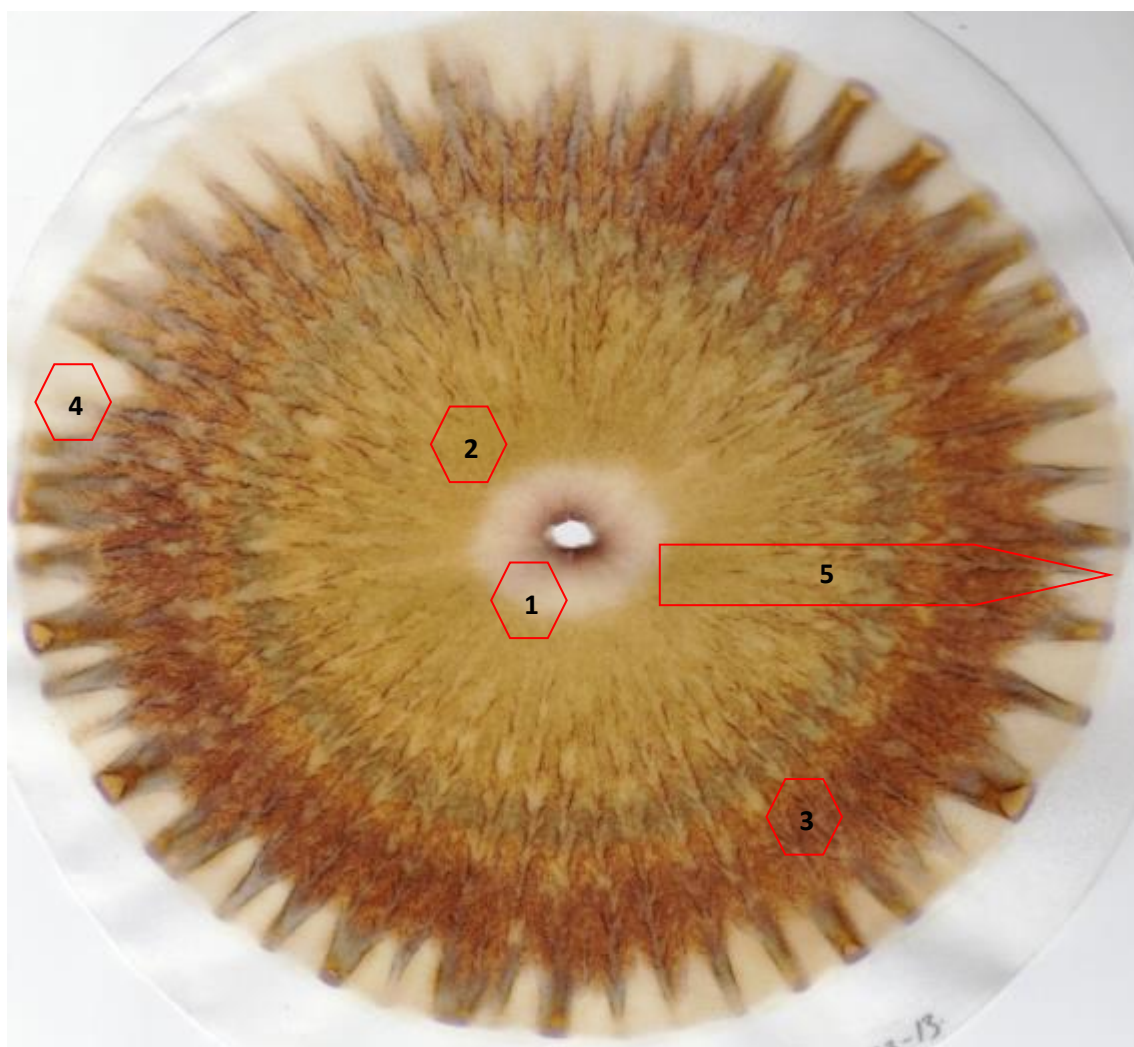


Imagen 32. Resultado cromatográfico de la muestra 18.

Fuente: El Autor. (2013).



DETALLES DE LOS CROMATOGRAMAS 11 al 18:

- 1) La zona central mediante el color cremoso, indica un suelo con buena estructura y la interacción tenue a la zona mineral evidencia un suelo no compactado, con integración para la siguiente zona.
- 2) Zona mineral, indica la diversidad mineral asociada a la materia orgánica, sin presentar cambios drásticos de coloración.
- 3) La zona que presenta la materia orgánica, indica la presencia ideal. La integración del color con la zona anterior y posterior indica a la materia orgánica en estado dinámico.
- 4) Zona enzimática evidencia los procesos de humificación y nutrientes asimilables por las plantas. La forma de las terminaciones dentadas y las sombras entre ellas muestran la alta disponibilidad de nutrientes.
- 5) La formación radial, que parte desde el centro hacia las zonas externas se muestra ramificada; esto indica diversidad de nutrientes y de microbiología en el suelo.

Las características encontradas en los cromatogramas 11 al 18 muestran a un suelo vivo, fértil, en armonía. La coloración dorada presente en los cromatogramas evidencia la actividad biológica del mismo. Las técnicas ocupadas en el mismo de biofermentos, trabajos con microbiología muestran que llevan a un equilibrio en el suelo para una salud del mismo. En el croma 17 y 18 muestra una zona 3 un poco más oscura, producto de que es un suelo nuevo, que se lo está construyendo desde la capa B, pero en general muestra procesos e integración entre la parte mineral, materia orgánica y humificación.

Los resultados obtenidos en los análisis antes mencionados se asemejan a los citados por Bakker, 2008, Retrepo, J. 2011 y Pinheiro, S. 2011; y contacto con Restrepo y Gras en el 2013.

Muestra 19: Suelo de manejo convencional e incorporaciones de humus.

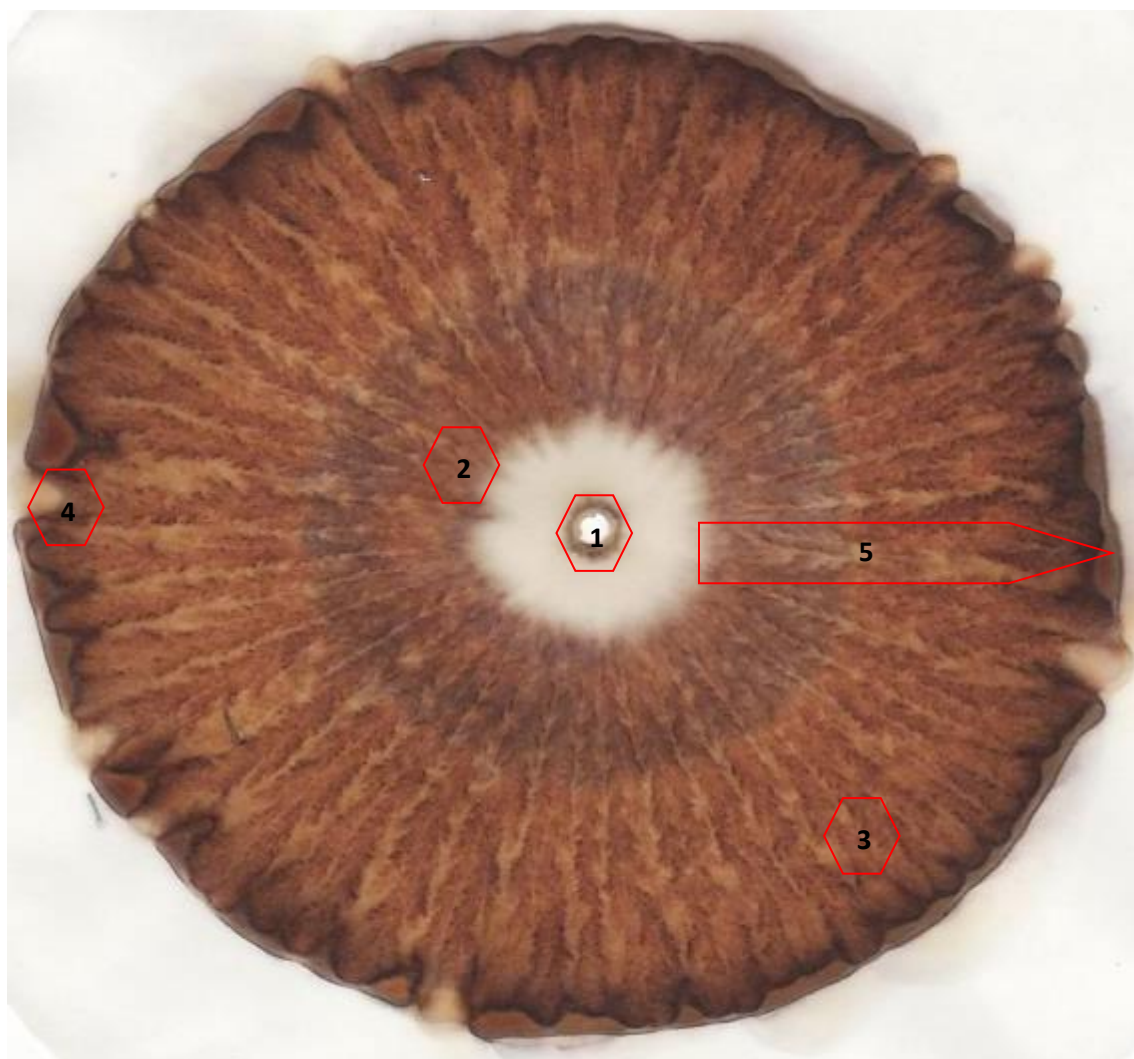


Imagen 33. Resultado cromatográfico de la muestra 19.

Fuente: El Autor. (2013).



DETALLES DEL CROMATOGRAMA 19:

- 1) Esta zona central muestra un color blanquecino indica la presencia de abonos nitrogenados de alta solubilidad.
- 2) Zona mineral, presenta poca interacción con la zona de la materia orgánica.
- 3) En la zona de la materia orgánica, se evidencia la presencia de la misma pero no en interacción completa con la zona mineral y se oscurece más al aproximarse a la zona enzimática.
- 4) Zona enzimática, presenta una buena forma en su periferia, pero su color oscuro indica la falta de descomposición de la materia orgánica. Las nubes creadas en el extremo de colores oscuros indican la alteración del suelo por insumos sintéticos.
- 5) La formación radial evidencia la distribución de nutrientes en el suelo. El cambio drástico de color presente en el recorrido de las formas radiales en el cromatograma, evidencia el desequilibrio a nivel biológico en el suelo.

Las características encontradas en el cromatograma 19 muestran el uso de fertilizantes de alta solubilidad por el color blanquecino en la zona 1, es un efecto común en suelos de manejo convencional. El bloqueo entre la zona mineral y de la materia orgánica está evidenciado por el cambio de color claramente diferenciado efecto de la baja dinámica de la vida microbiología de suelo limitando la transmutación de los minerales. Los bordes negros evidencian la alteración del uso de técnicas convencionales en el suelo y el cultivo.

Los resultados obtenidos en los análisis antes mencionados se asemejan a los citados por Bakker, 2008, Retrepo, J. 2011 y Pinheiro, S. 2011; y contacto con Restrepo y Gras en el 2013, en los cuales se recalca los colores y formas encontradas en suelos con alteraciones por uso de técnicas convencionales.

Muestra 20: Suelo luego de tres meses de aplicación de glifosato.

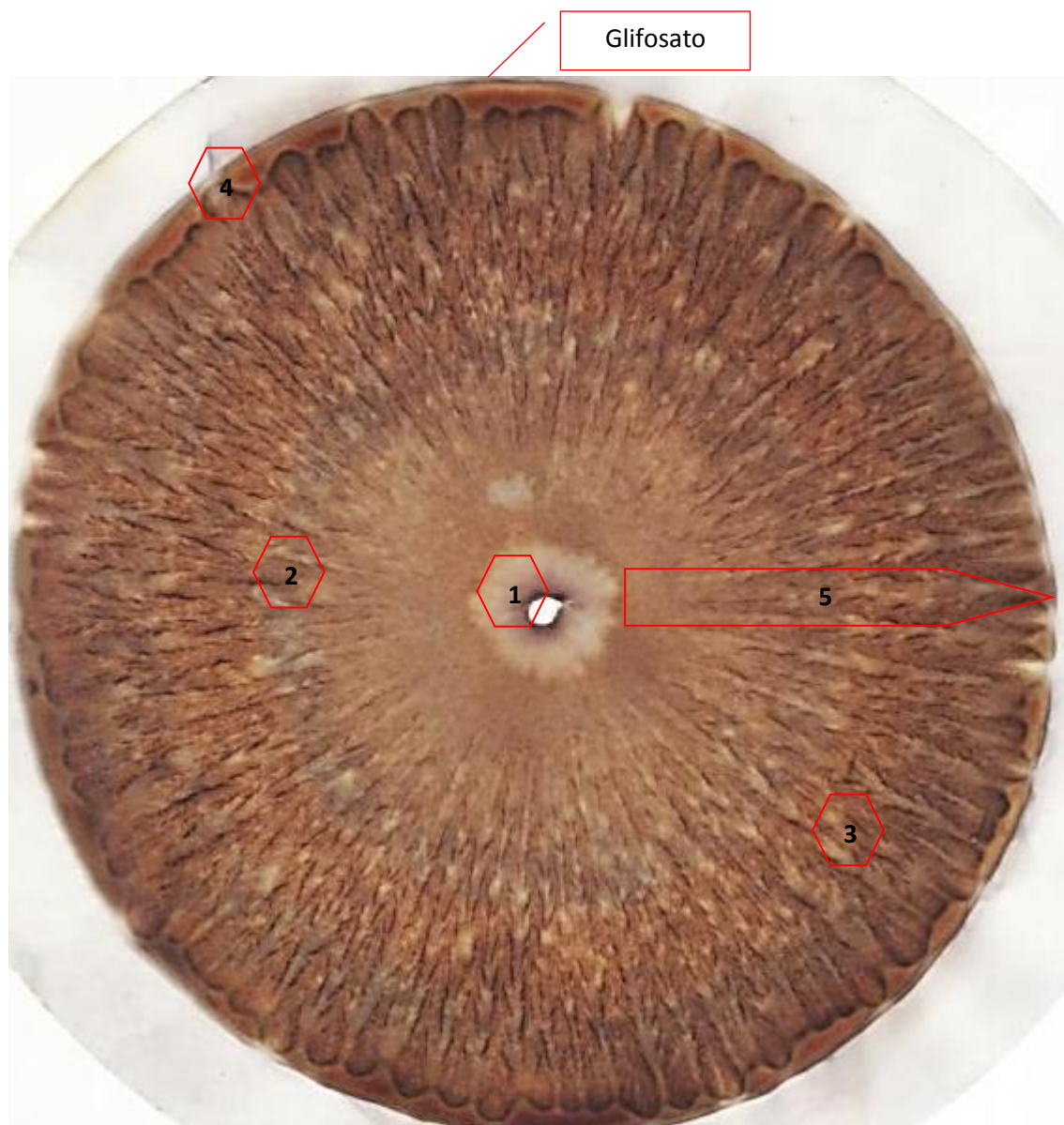


Imagen 34. Resultado cromatográfico de la muestra 20.

Fuente: El Autor. (2013).



DETALLES DEL CROMATOGRAMA 20:

- 1) La zona central presenta un color pardo que evidencia que el suelo fue tratado con abonos y técnicas convencionales.
- 2) Zona mineral, presenta un bloqueo con la zona central y presenta integración leve con la zona de materia orgánica, pero con la zona central hay un bloqueo fuerte.
- 3) Zona de materia orgánica Indica la presencia de la misma en el suelo y su tonalidad oscura indica lenta degradación.
- 4) Zona enzimática presenta un color oscuro, indica la alteración química que sufrió el suelo debido a la aplicación insumos convencionales, el color oscuro del borde es característico de la presencia de glifosato en el suelo.
- 5) La formación radial se inicia de forma tenue en la zona mineral, toma forma definida y presenta bordes oscuros definidos en las zonas de materia orgánica y enzimática, que indican alteración del suelo y ausencia de biología por las técnicas convencionales aplicadas.

Las características encontradas en el cromatograma 19 indican la zona 1 con un color característico con un suelo sin cobertura, con intervención de técnicas convencionales. Corroborado con la zona café de la periferia común en el uso de glifosato. El color indica la baja acción de los microorganismos en la síntesis de elementos en el suelo.

Los resultados evidenciados son similares a los de Los resultados obtenidos en los análisis antes mencionados se asemejan a los citados por Bakker, 2008, Retrepo, J. 2011 y Pinheiro, S. 2011; y contacto con Restrepo y Gras en el 2013 que indica cromatogramas de suelos con aplicaciones de técnicas convencionales.

Muestra 21: Suelo de manejo tradicional.



Imagen 35. Resultado cromatográfico de la muestra 21.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 22: Suelo de manejo tradicional.

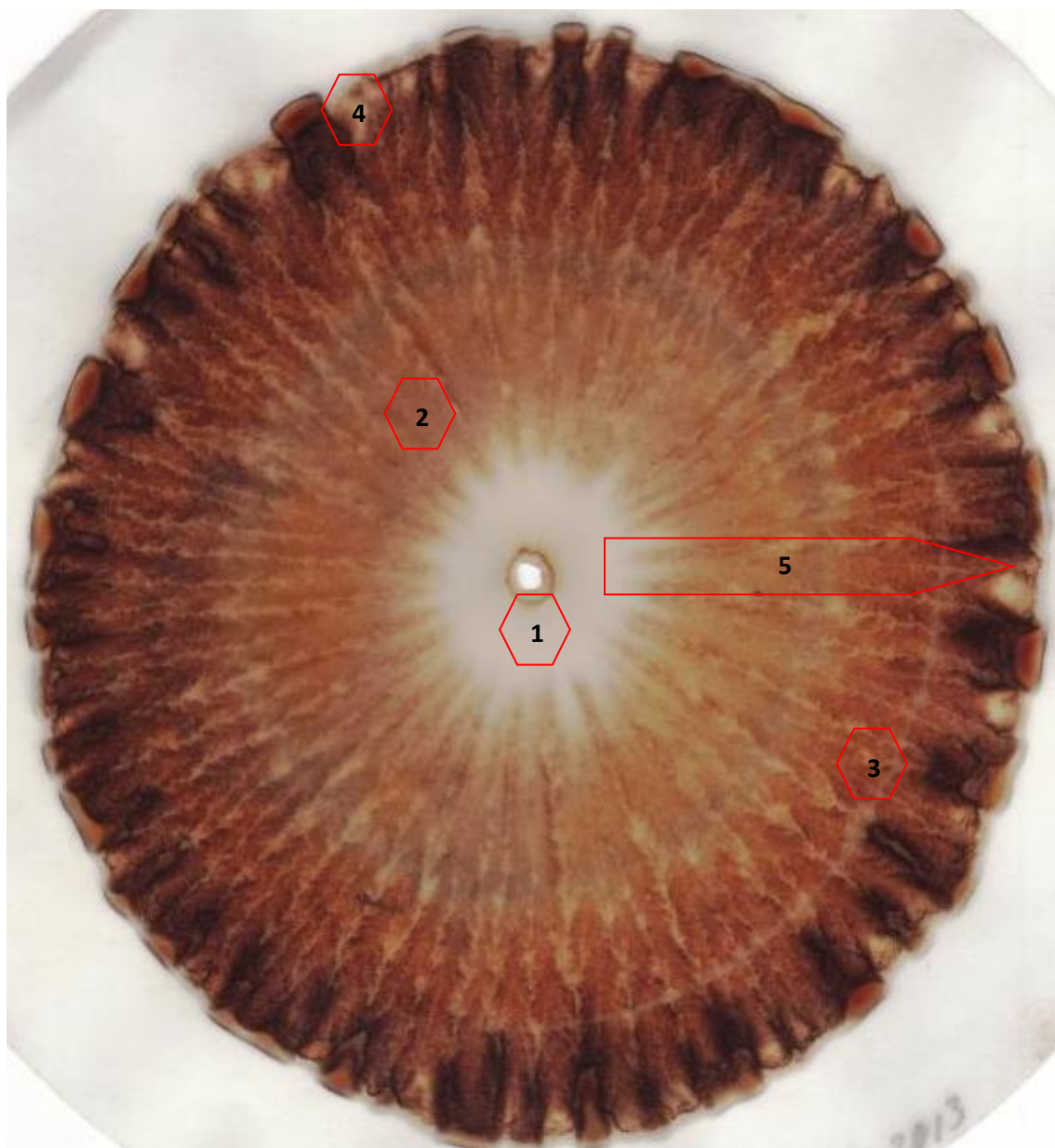


Imagen 36. Resultado cromatográfico de la muestra 22.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 23: Suelo de manejo tradicional y aplicación de biofermentos cada dos meses.

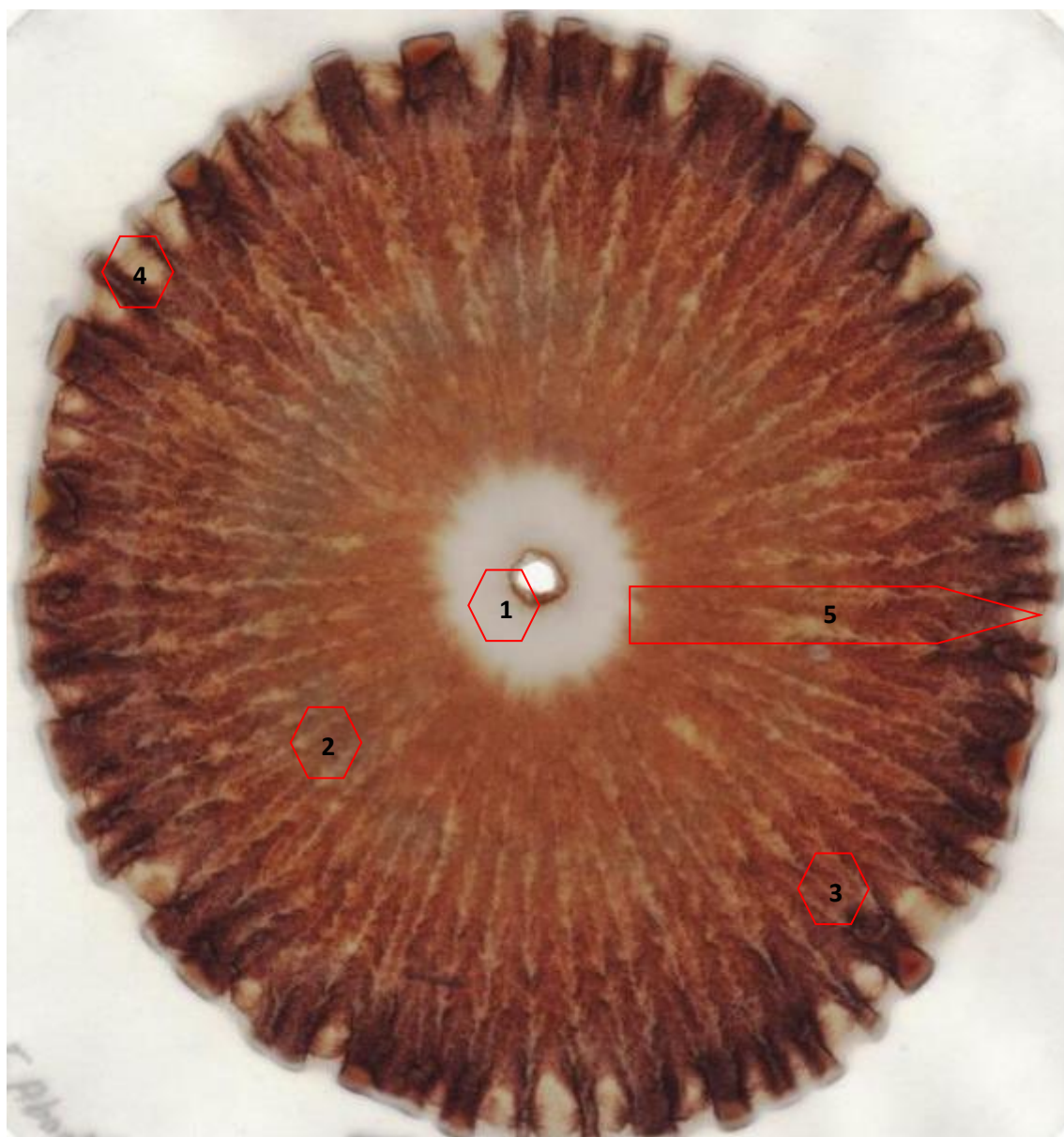


Imagen 37. Resultado cromatográfico de la muestra 23.

Fuente: El Autor. (2013).



DETALLES DE LOS CROMATOGRAMAS 21, 22 y 23:

- 1) La zona central muestra un color ideal.
- 2) La zona mineral presenta integración leve con la zona de materia orgánica.
- 3) La zona de la materia orgánica, evidencia la presencia de la misma, el color oscuro indica un proceso moderado de descomposición.
- 4) Zona enzimática, presenta un color muy oscuro indica el lento proceso de humificación.
- 5) La formación radial, que parte desde el centro hacia las zonas externas, indica una buena diversidad de nutriente y de microbiología.

Las características de los cromatogramas 21, 22 y 23 evidencian en buen estado con falta de microbiología para apoyar la degradación de la materia orgánica presente en el mismo y por si defecto, la transmutación de los elementos del mismo para obtener un mejor proceso de humificación del suelo.

Los resultados presentados anteriormente obedecen a los parámetros indicados por el autor Restrepo 2011, indicado las características de suelos sanos; y observaciones del mis en el 2013 en el curso de ABC de agricultura orgánica y cromatografía.

Muestra 24: Suelo con manejo convencional y aplicaciones de biofermentos.

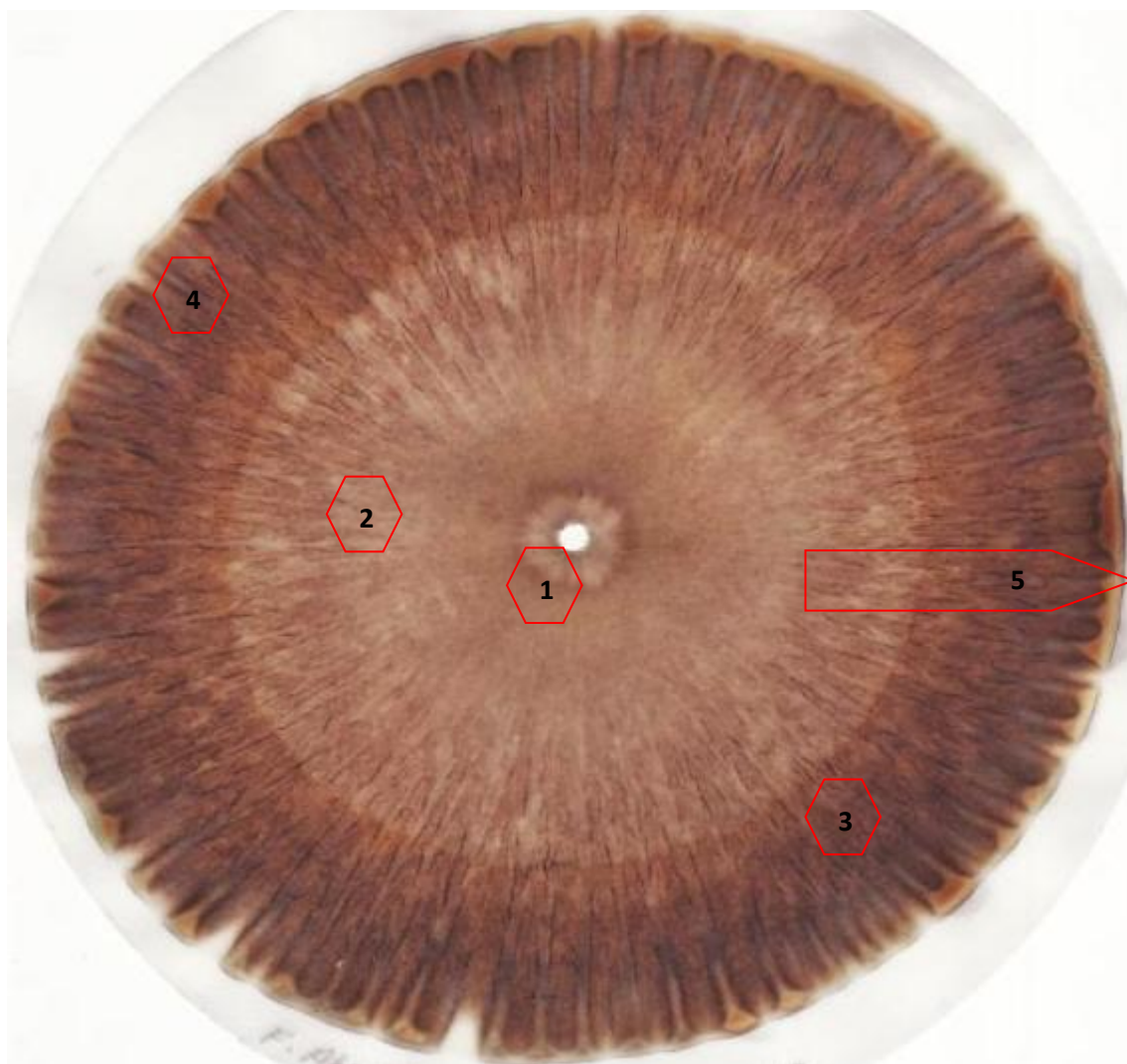


Imagen 38. Resultado cromatográfico de la muestra 24.

Fuente: El Autor. (2013).

Muestra 25: Suelo con manejo convencional y aplicaciones de biofermentos.

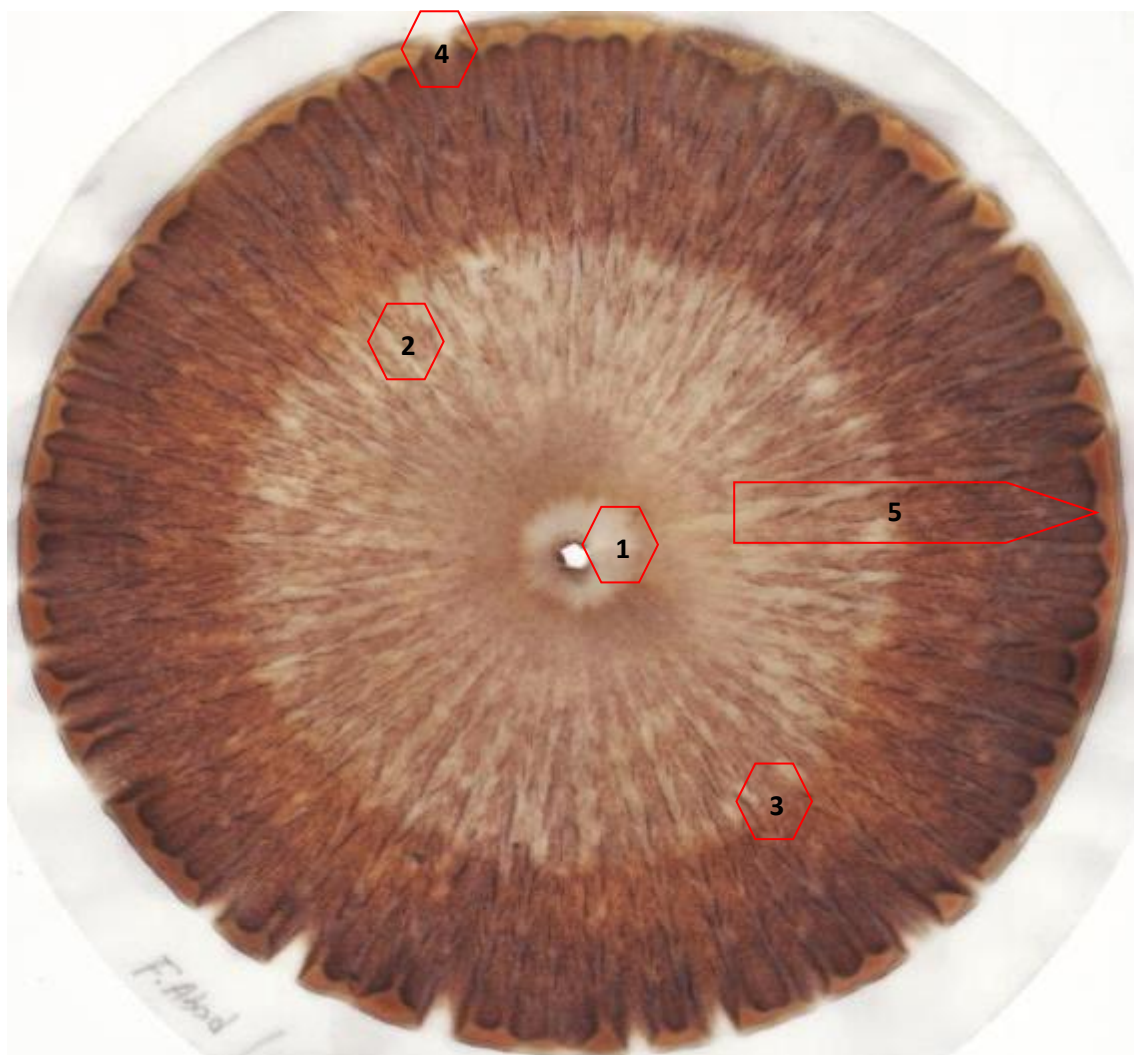


Imagen 39. Resultado cromatográfico de la muestra 20.

Fuente: El Autor. (2013).



DETALLES DE LOS CROMATOGRAMAS 24 y 25:

- 1) La zona central que presenta colores pardos y cenizos indica la compactación del suelo producto de manejo convencional.
- 2) Zona mineral, se encuentra bloqueada con la zona de materia orgánica, indicando la débil transmutación de los minerales presentes en el suelo. El color definido en esta zona evidencia la escasa actividad biológica y bloqueo de minerales.
- 3) La zona de la materia orgánica presenta el estado de la misma en un lento proceso de descomposición.
- 4) Zona enzimática, presenta un color muy oscuro, indica la alteración química del suelo y el proceso lento de humificación, a pesar de tener una forma buena en esta zona.
- 5) La formación radial se inicia de forma tenue en la zona mineral, toma forma más definida y con bordes oscurecidos en las zonas de materia orgánica y enzimática, indican alteración del suelo y limitada biología, consecuencia de las técnicas convencionales aplicadas.

Las características de los cromatogramas 24 y 25 evidencian la ocupación de técnicas convencionales del manejo tanto del cultivo como del suelo, el color en la zona 1 indica la degradación del suelo por insumos de origen sintético. Observamos también el bloqueo entre la zona mineral y la de la materia orgánica. Los colores evidencian la limitada actividad biológica en el suelo, que como consecuencia obtenemos una zona en la periferia que muestra un proceso alterado de humificación y materia orgánica en un proceso de descomposición lenta.

Los resultados obtenidos en los análisis antes mencionados se asemejan a los citados por Bakker, 2008, Retrepo, J. 2011 y Pinheiro, S. 2011; y contacto con



Restrepo y Gras en el 2013, suelos en desequilibrio por las técnicas convenciones de manejo.

Muestra 26: Suelo florícola con manejo convencional altamente deteriorado.

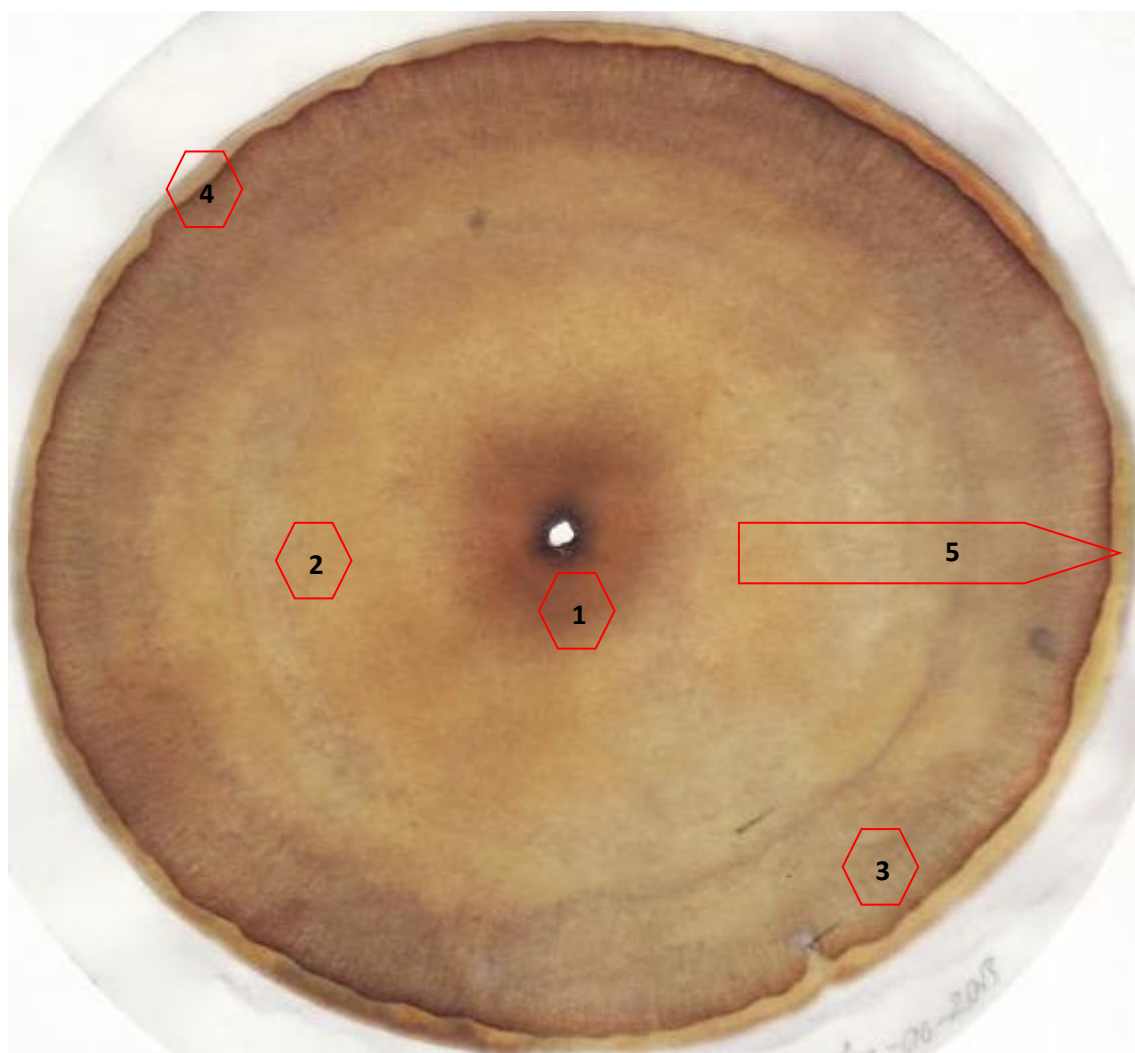


Imagen 40. Resultado cromatográfico de la muestra 26.

Fuente: El Autor. (2013).



DETALLES DEL CROMATOGRAMA 26:

- 1) Esta zona central indica la falta de estructura y el efecto del uso de químicos en el suelo.
- 2) La zona mineral se encuentra bloqueada, evidenciando la nula interacción con la zona de materia orgánica, indicando la ausencia de trasmutación de los minerales.
- 3) La zona de la materia orgánica se encuentra poco diferenciada, evidenciando el bloqueo ocasionado por el manejo convencional.
- 4) Zona enzimática carece de forma con ausencia de terminaciones y humificación, evidenciando actividad biológica limitada.
- 5) El cromatograma no presenta formación radial, evidencia la falta del equilibrio total en el suelo.

Las características que encontramos aquí corresponden a un suelo completamente destruido por fertilizantes altamente solubles de origen sintéticos. La materia orgánica presente en este suelo se encuentra bloqueada por el uso de herbicidas en el suelo. Ausencia de procesos de humificación y actividad biológica muy limitada.

Estos resultados coinciden con los citados. Los resultados obtenidos en los análisis antes mencionados se asemejan a los citados por Bakker, 2008, Retrepo, J. 2011 y Pinheiro, S. 2011; en suelos con características similares al mencionado anteriormente.

Muestra 27: Suelo hortícola con manejo convencional altamente deteriorado.

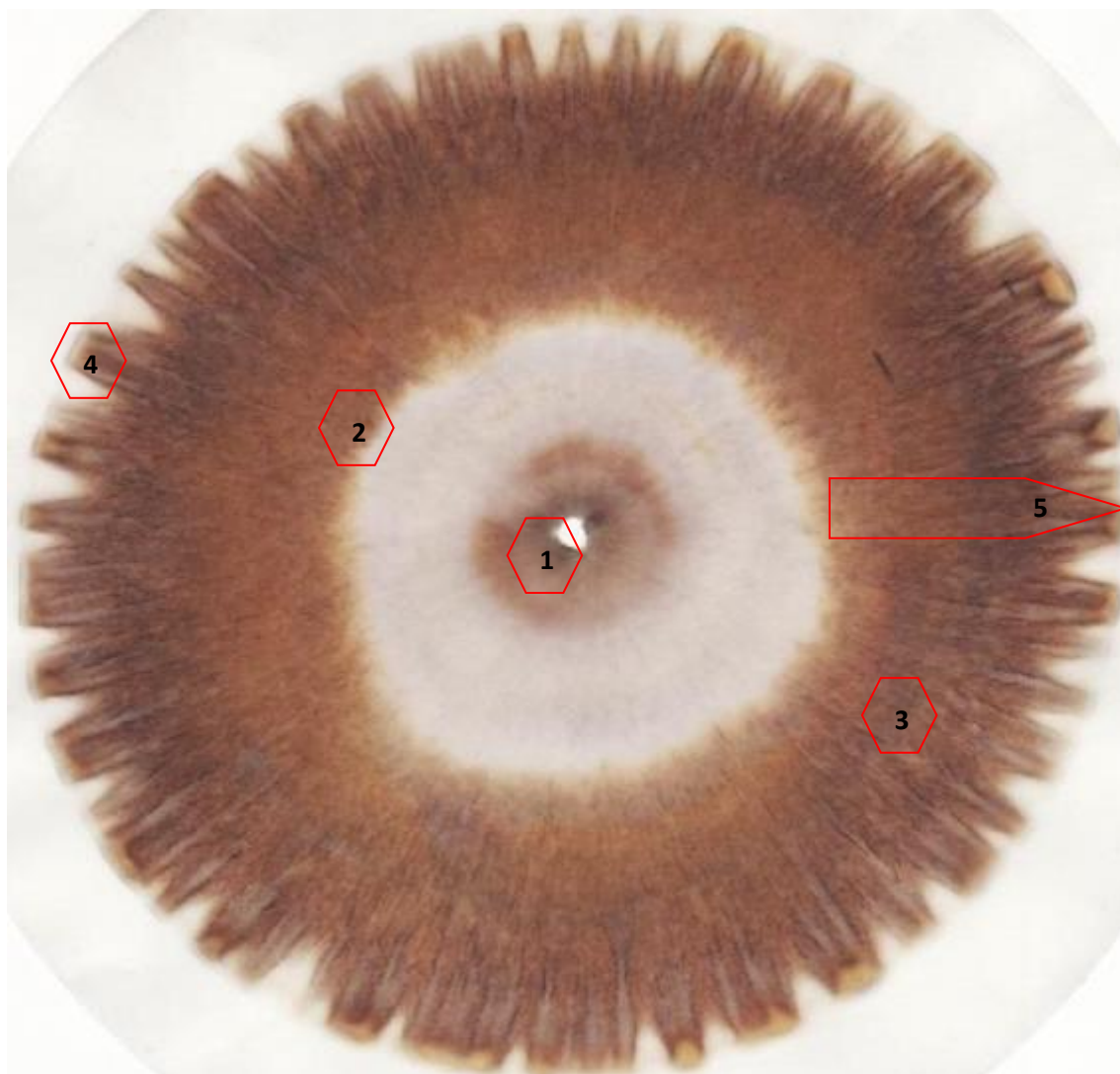


Imagen 41. Resultado cromatográfico de la muestra 27.

Fuente: El Autor. (2013).



DETALLES DEL CROMATOGRAMA 27:

- 1) La zona central de color marrón oscuro, indica un suelo fuertemente alterado el manejo convencional y con la presencia de colores blanquecinos que indican la presencia alta de abonos nitrogenados solubles.
- 2) La zona mineral, presenta un área blanquecina anterior que continua con un área de color marrón, indica el efecto de la aplicación de insumos sintéticos.
- 3) La zona de la materia orgánica indica la presencia de la misma en el suelo con limitado proceso de descomposición.
- 4) Zona enzimática presenta interacción con la zona de materia orgánica, pero la ausencia de color indica un proceso de humificación limitado.
- 5) La formación radial, presente en los extremos del cromatograma, indica la limitada presencia y actividad de microbiología.

Las características del cromatograma indican un suelo con un tratamientos alto de técnicas convencionales. El color blanquecino indica la presencia de abonos sintéticos altamente nitrogenados. El color oscuro en la zona 3 indica el lento proceso de degradación de la materia orgánica. La ausencia de colores cremosos y/o dorados en la periferia de la correa evidencia el uso de insumos de origen sintético.

Los resultados se presentan de forma similar a los que los autores Los resultados obtenidos en los análisis antes mencionados se asemejan a los citados por Bakker, 2008, Retrepo, J. 2011 y Pinheiro, S. 2011 indican en su trabajo presentado los patrones establecidos para los análisis cromatográficos.

6.2 Resultados de la aplicación de la regresión logística ordinal

Los resultados presentados a continuación revelan el comportamiento de las variables de los análisis realizados convencionalmente, tanto químicos y físicos, como también de los conteos biológicos de hongo y bacterias; frente a los cromas y las variables tomadas a consideración en esta investigación.

Las variables que no se presentan han sido descartadas debido a que su significancia fue menor al 95% en el presente estudio.

La fuente de estos datos correlacionados podemos observarlos en los Anexos 1, 2, 3 y 4.

6.2.1 Color

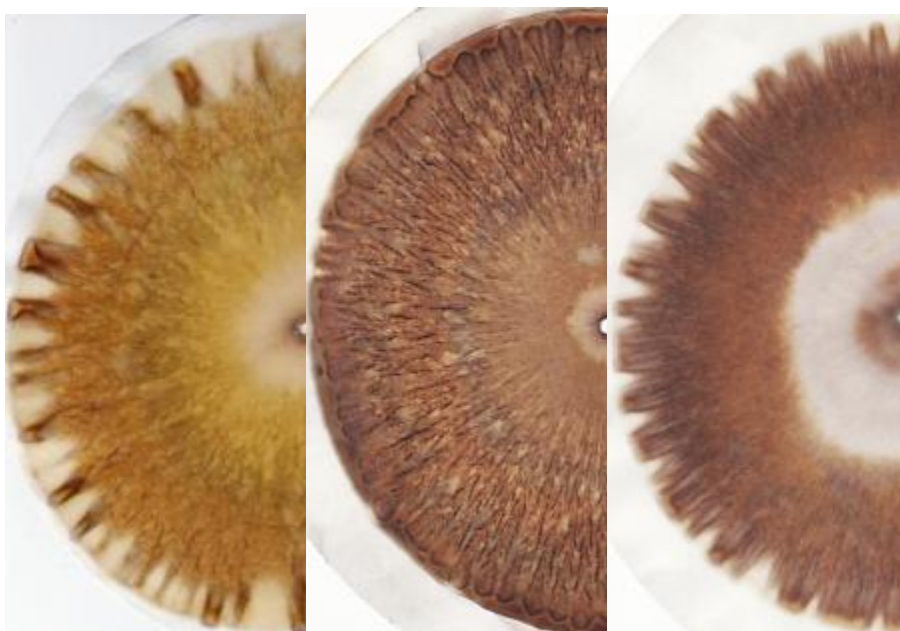


Imagen 42. Ejemplo de categorías de color, 3, 2, 1, encontrados en el estudio.

Fuente: El Autor. (2013).

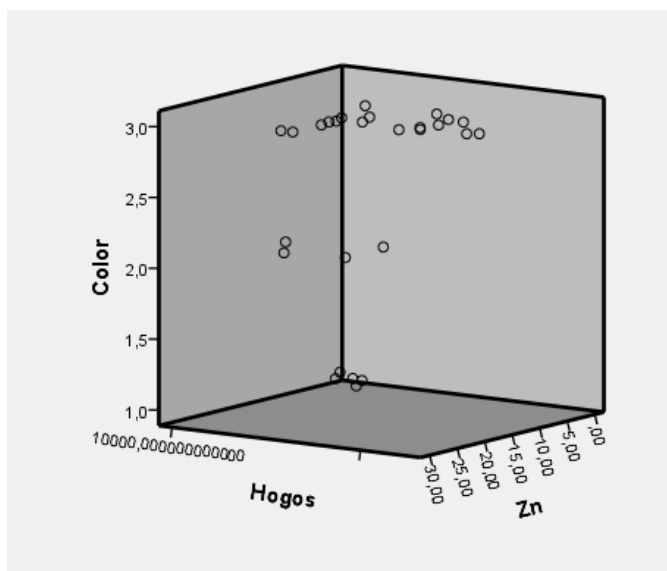


Cuadro 5. Variables significativas al 95% en conjunto, frente a la variable dependiente color.

Regresión de Color	Ecuación	R^2	Significación al 95%
Hongos	$P(x_1, x_2) = \frac{1}{1 + e^{-7.851 - 0.401x_1 - 0.000x_2}}$	68%	P= 1,5%
Zinc			P= 3%

Fuente: El Autor. (2013).

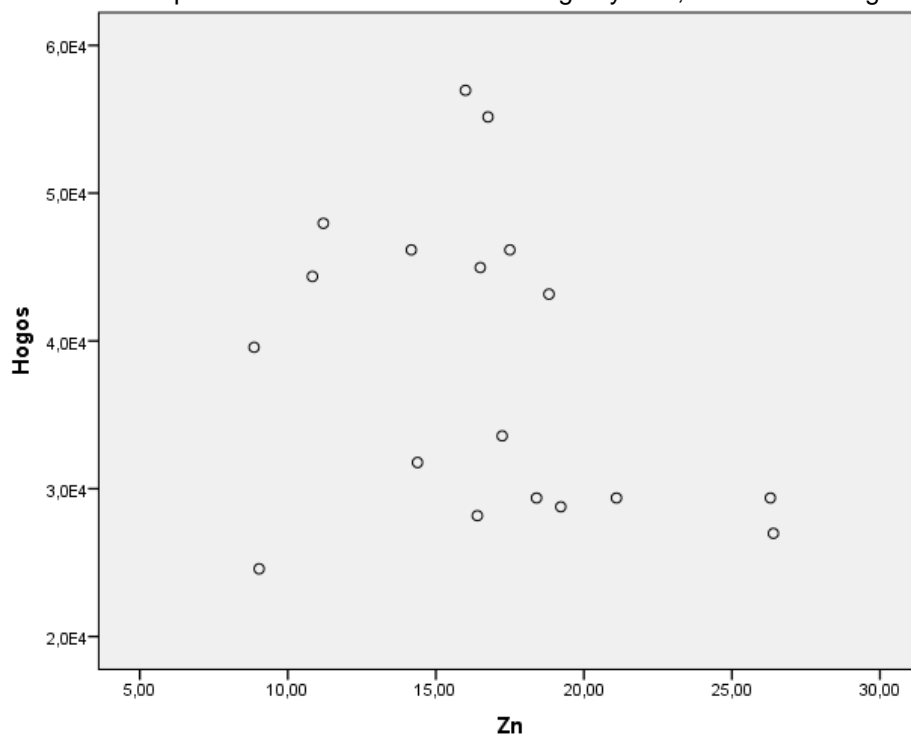
Gráfica 1. Relación de la variable dependiente color, frente a las variables significativas en conjunto hongos y zinc.



Fuente: El Autor. (2013).



Gráfica 2. Comportamiento de las variables hongos y zinc, cuando la categoría toma la el valor 3.



Fuente: El Autor. (2013).

Cuando el modelo considera la variable dependiente color, el 68% de las variaciones de esta, se deben a las variaciones producidas por las variables hongos y zinc, en donde se ha encontrado que la introducción de estas dos últimas dentro del modelo de regresión logístico ordinal han sido estadísticamente significativas al 95%.

En el análisis realizado de manera conjunta, en donde todas las variables fueron tomadas en consideración, dio como resultado que estadísticamente para el color la influencia se ve altamente significativa con las variables hongos y el zinc.



Cuadro 6. Variables significativas al 95% en análisis individual, frente a la variable dependiente color.

Regresión	Ecuación	R^2	Significación al 95%
Color / Hongos	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-5.250 - 0.0002x_1}}$	56%	P= 0,3%
Color / Materia orgánica	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-1.142 - 0.819x_1}}$	19%	P= 5,2%
Color / Fosforo	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-0.771 - 0.018x_1}}$	41%	P= 0,3%
Color / Potasio	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-3.009 - 5.953x_1}}$	44%	P= 0,3%
Color / Magnesio	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{7.276 + 1.121x_1}}$	52%	P= 0,3%
Color / Manganeseo	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{4.001 + 0.109x_1}}$	32%	P= 0,7%
Color / Zinc	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-3.181 - 0.440x_1}}$	50%	P= 0,1%
Color / Densidad aparente	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{9.600 + 7.721x_1}}$	31%	P= 0,8%
Color / CE	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-1.925 - 6.877x_1}}$	36%	P= 1,1%

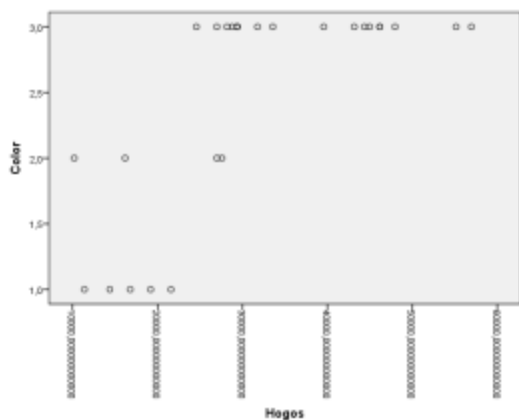
Fuente: El Autor. (2013).

En la gráfica 3, muestra que a mayor número de propágalos, mejor es la característica que se le denomina al cromatograma.

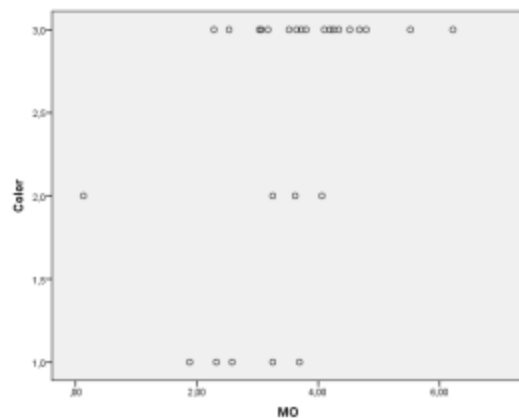
La gráfica 4, muestra que la concentración de materia orgánica alta da como resultado un croma de color ideal.



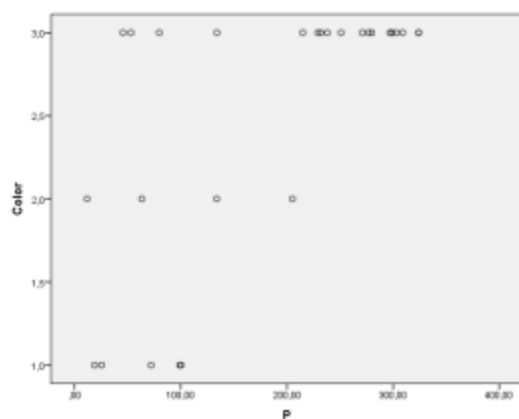
Gráfica 3. Relación de la variable hongos frente a la variable dependiente color.



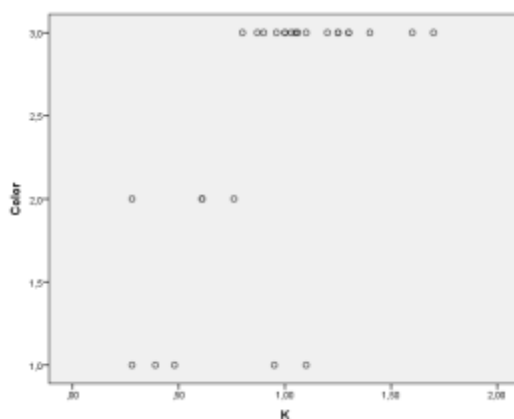
Gráfica 4. Relación de la variable materia orgánica frente a la variable dependiente color.



Gráfica 5. Relación de la variable fosforo frente a la variable dependiente color.

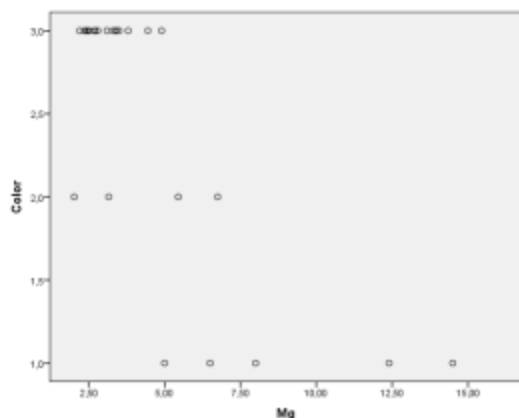


Gráfica 6. Relación de la variable potasio frente a la variable dependiente color.

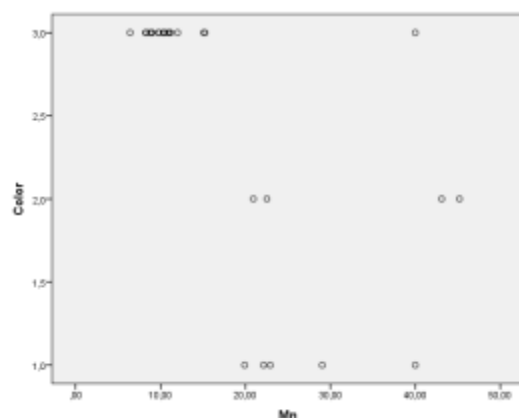




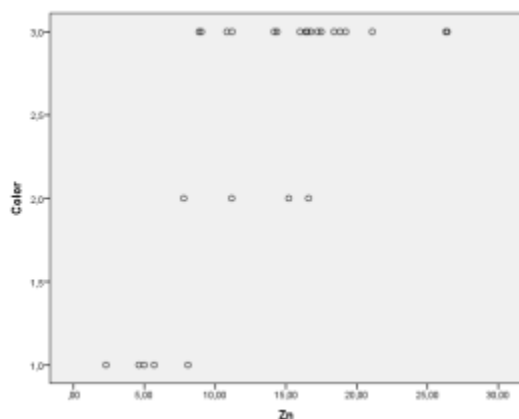
Gráfica 7. Relación de la variable magnesio frente a la variable dependiente color.



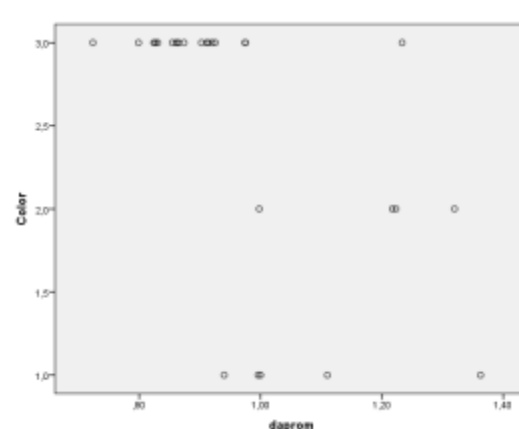
Gráfica 8. Relación de la variable manganeso frente a la variable dependiente color.



Gráfica 9. Relación de la variable zinc frente a la variable dependiente color.



Gráfica 10. Relación de la variable densidad aparente frente a la variable dependiente color.



6.2.2 Forma Radial

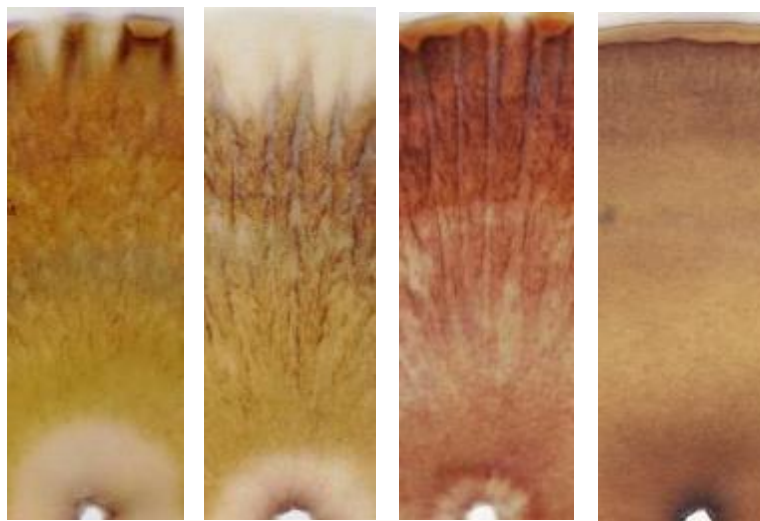


Imagen 43. Ejemplo de categorías de forma radial encontrados en el estudio, de izquierda a derecha, 3, 2, 1, 0.

Fuente: El Autor. (2013).

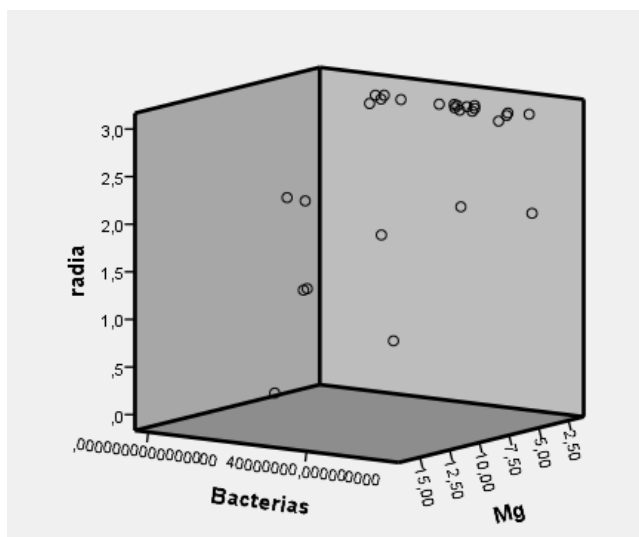
Cuadro 7. Variables significativas al 95% en conjunto, frente a la variable dependiente forma radial.

Regresión forma radial	Ecuación	R^2	Significación al 95%
Bacterias	$P(x_1, x_2) = \frac{1}{1 + e^{5.604 + 7.162E-008x_1 + 0.584x_2}}$	49%	P= 2%
Magnesio			P= 0,02%

Fuente: El Autor. (2013).

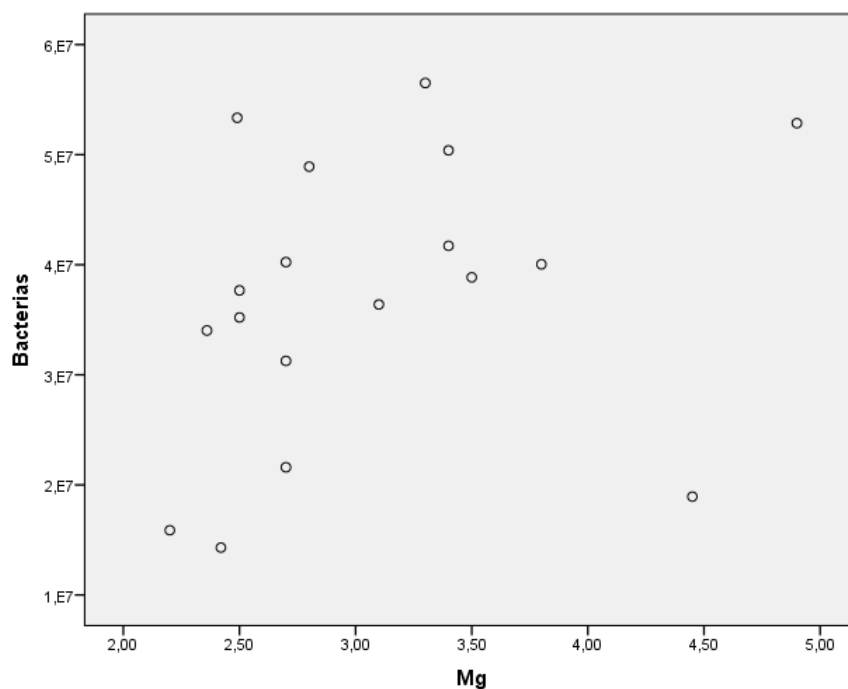


Gráfica 12. Relación de la variable dependiente forma radial, frente a las variables significativas en conjunto bacterias y magnesio.



Fuente: El Autor. (2013).

Gráfica 13. Comportamiento de las variables bacterias y magnesio, cuando la categoría toma el valor 3.



Fuente: El Autor. (2013).



Cuando el modelo considera la variable dependiente forma radial, el 49% de las variaciones de esta, se deben a las variaciones producidas por las variables bacterias y magnesio, en donde se ha encontrado que la introducción de estas dos últimas dentro del modelo de regresión logístico ordinal han sido estadísticamente significativas al 95%.

En el análisis realizado de manera conjunta, en donde todas las variables fueron tomadas en consideración, dio como resultado que estadísticamente a la forma radial la influencia se ve altamente significativa con las bacterias y el magnesio.

Cuadro 8. Variables significativas al 95% en análisis individual, frente a la variable dependiente forma radial.

Regresión	Ecuación	R ²	Significación al 95%
Forma radial / Hongos	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{6.633 - 0.0001x_1}}$	27%	P= 1,5%
Forma radial /Materia orgánica	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-0.040 - 1.104x_1}}$	27%	P= 1,4%
Forma radial / Nitrógeno	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-0.071 - 22.973x_1}}$	28%	P= 1,2%
Forma radial / Fosforo	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{1.651 - 0.013x_1}}$	30%	P= 0,7%
Forma radial / Calcio	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{8.229 - 0.227x_1}}$	22%	P= 1,5%
Forma radial / Magnesio	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{6.512 - 0.445x_1}}$	35%	P= 0,3%
Forma radial / Zinc	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{0.609 - 0.271x_1}}$	34%	P= 0,05%

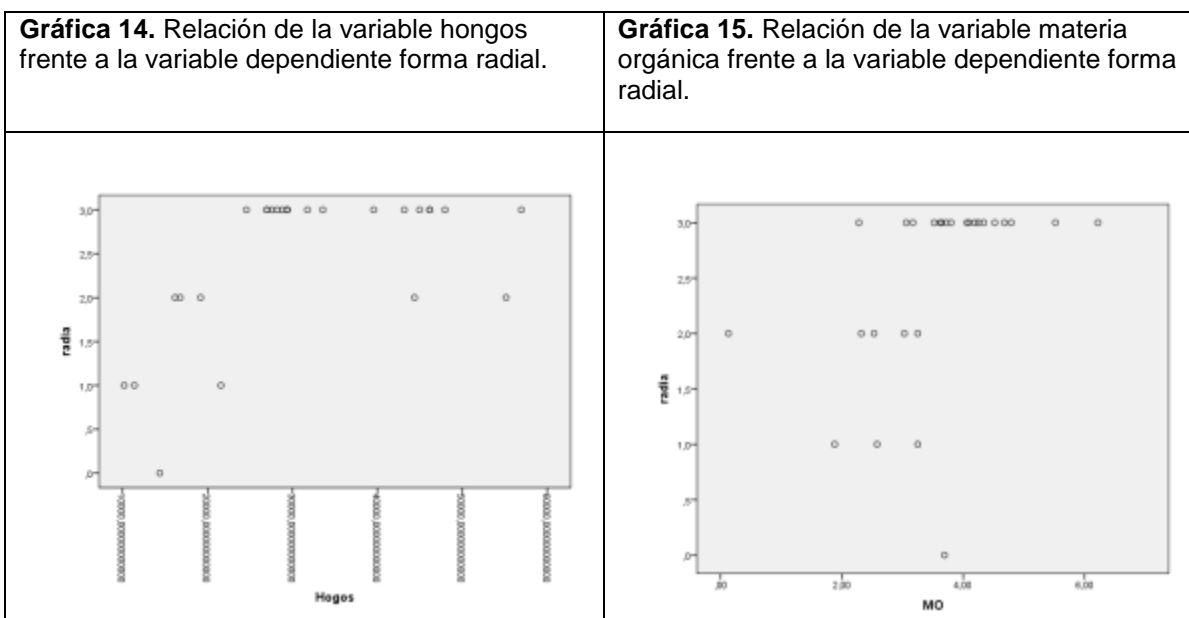
Fuente: El Autor. (2013).



En la gráfica 14, muestra que a mayor número de propágulos, mejor es la característica que se le denomina al cromatograma.

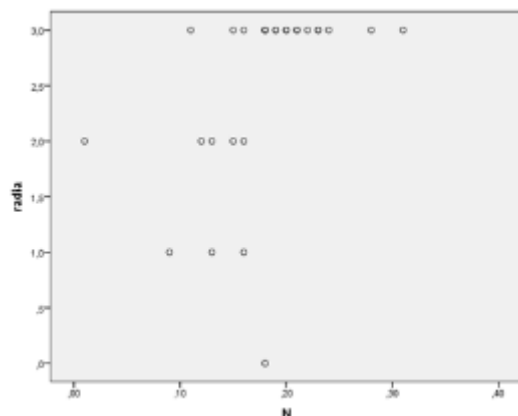
La gráfica 15, muestra que la concentración media de materia orgánica, da como resultado un croma de forma radial ideal indicado por la categoría 3 en la gráfica.

La gráfica 16, muestra que la concentración media de nitrógeno, da como resultado un croma de forma radial ideal evidenciado por la categoría 3 en el croma.

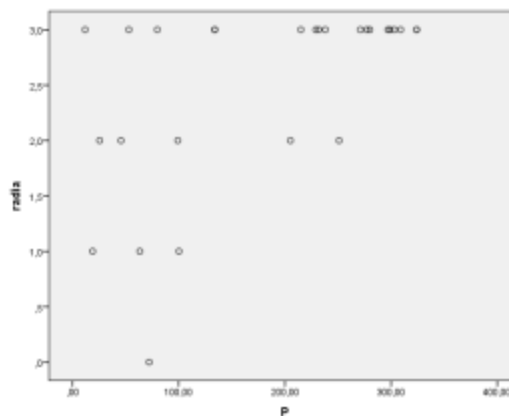




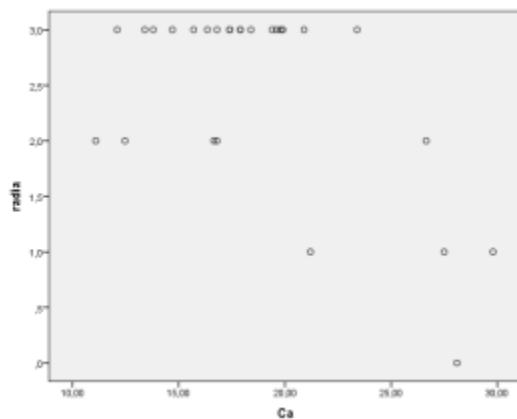
Gráfica 16. Relación de la variable nitrógeno frente a la variable dependiente forma radial.



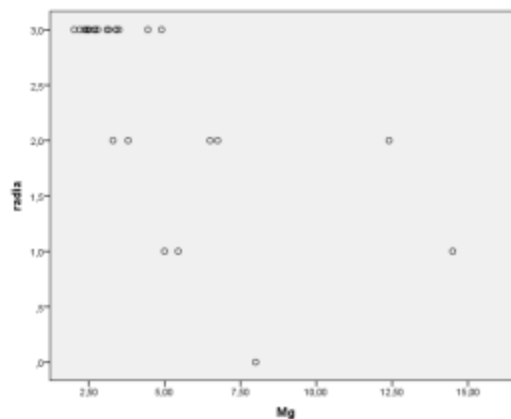
Gráfica 17. Relación de la variable fosforo frente a la variable dependiente forma radial.



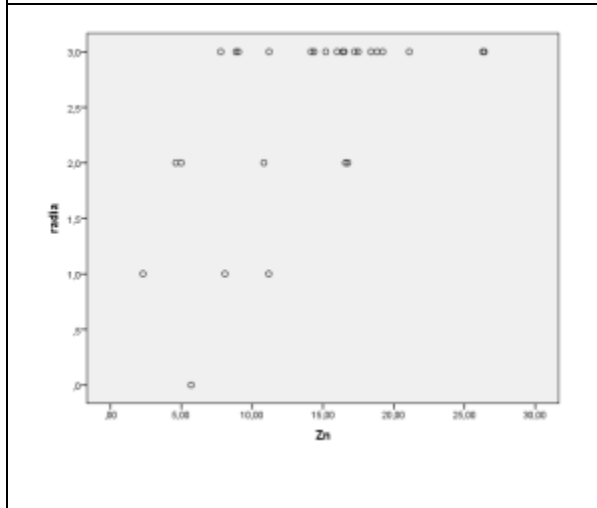
Gráfica 18. Relación de la variable calcio frente a la variable dependiente forma radial.



Gráfica 19. Relación de la variable magnesio frente a la variable dependiente forma radial.



Gráfica 20. Relación de la variable zinc frente a la variable dependiente forma radial.



Fuente: El Autor. (2013).

Las gráficas 17, 18, 19, y 20 indican que a concentraciones altas de fósforo, calcio, magnesio y zinc respectivamente, el croma toma una forma radial ideal evidenciado por la categoría 3 en la gráfica.

6.2.3 Interacción

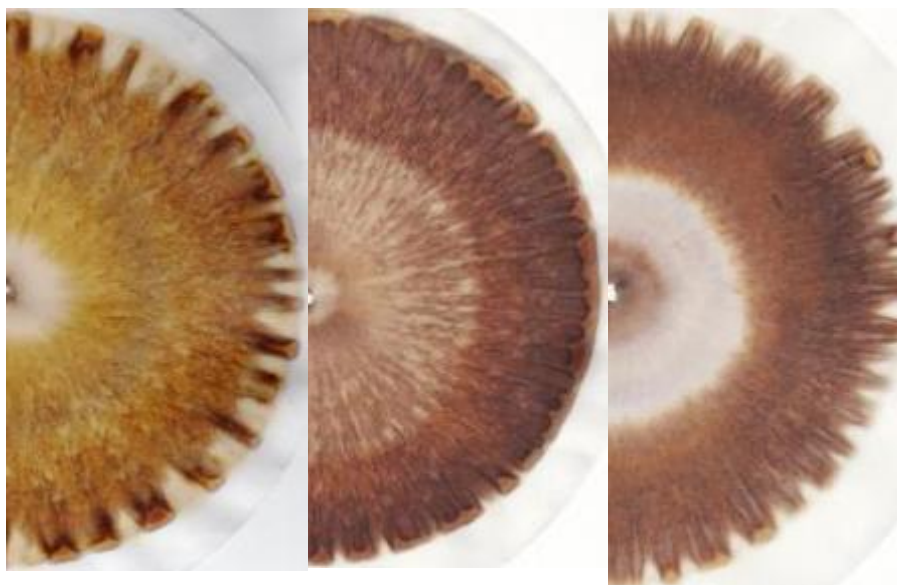


Imagen 44. Ejemplo de categorías de la interacción de los cromas encontrados en el estudio, de izquierda a derecha, 3, 2, 1.

Fuente: El Autor. (2013).

Cuadro 9. Variables significativas al 95% en análisis individual, frente a la variable dependiente interacción.

Regresión	Ecuación	R^2	Significación al 95%
Interacción Hongos /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-4.746 - 0.0003x_1}}$	48%	P= 0,9%
Interacción Fosforo /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-0.386 - 0.019x_1}}$	32%	P= 2,6%
Interacción Calcio /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{11.585 + 0.450x_1}}$	42%	P= 0,4%
Interacción Magnesio /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{4.980 + 0.555x_1}}$	37%	P= 1,6%



Interacción Zinc	/	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-3.993 - 0.638x_1}}$	51%	P= 1,4%
---------------------	---	--	-----	---------

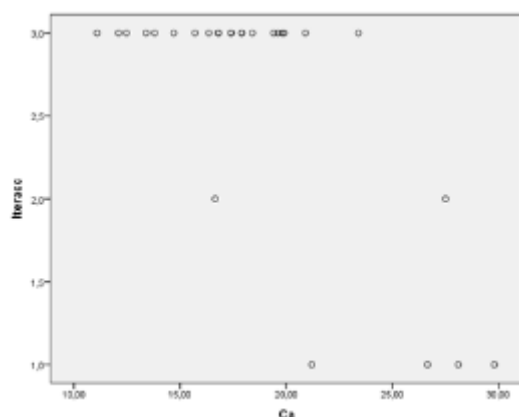
Fuente: El Autor. (2013).

En la gráfica 21, muestra que a mayor número de propágalos, mejor es la característica que se le denomina al cromatograma.

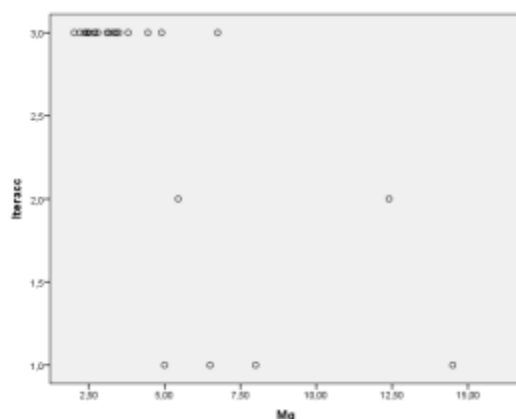
Gráfica 21. Relación de la variable hongos frente a la variable dependiente interacción.	Gráfica 22. Relación de la variable fosforo frente a la variable dependiente interacción.



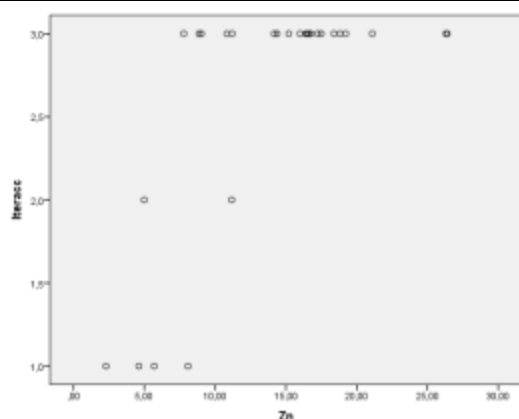
Gráfica 23. Relación de la variable calcio frente a la variable dependiente interacción.



Gráfica 24. Relación de la variable magnesio frente a la variable dependiente interacción.



Gráfica 25. Relación de la variable zinc frente a la variable dependiente interacción.



Fuente: El Autor. (2013).

Las gráficas 22, 23, 24 y 25 indican que a concentraciones altas de fosforo, calcio, magnesio y zinc respectivamente, el croma toma un color ideal.

6.2.4 Terminación



Imagen 45. Ejemplo de categorías de terminación de los cromas encontrados en el estudio, de izquierda a derecha, 3, 2, 1.

Fuente: El Autor. (2013).

Cuadro 10. Variables significativas al 95% en conjunto, frente a la variable dependiente terminación.

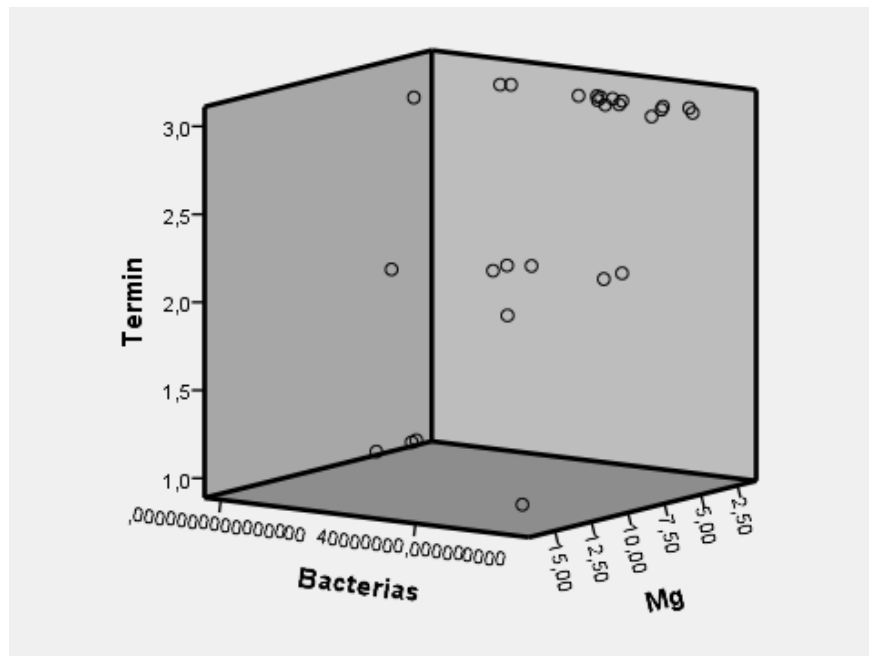
Regresión Terminación	Ecuación	R^2	Significación al 95%
Bacterias	$P(x_1, x_2, x_3, x_4) = \frac{1}{1 + e^{77.454 + 2980E-007x_1 + 8.835x_2 + 1.699x_3 + 1.037x_4}}$	67%	P= 2,2%
pH			P= 3,7%
Magnesio			P= 2,4%
Cobre			P= 2,9%

Fuente: El Autor.

Cuando el modelo considera la variable dependiente terminación, el 67% de las variaciones de esta, se deben a las variaciones producidas por las variables bacterias, pH, magnesio y cobre, en donde se ha encontrado que la introducción

de estas dos últimas dentro del modelo de regresión logístico ordinal han sido estadísticamente significativas al 95%.

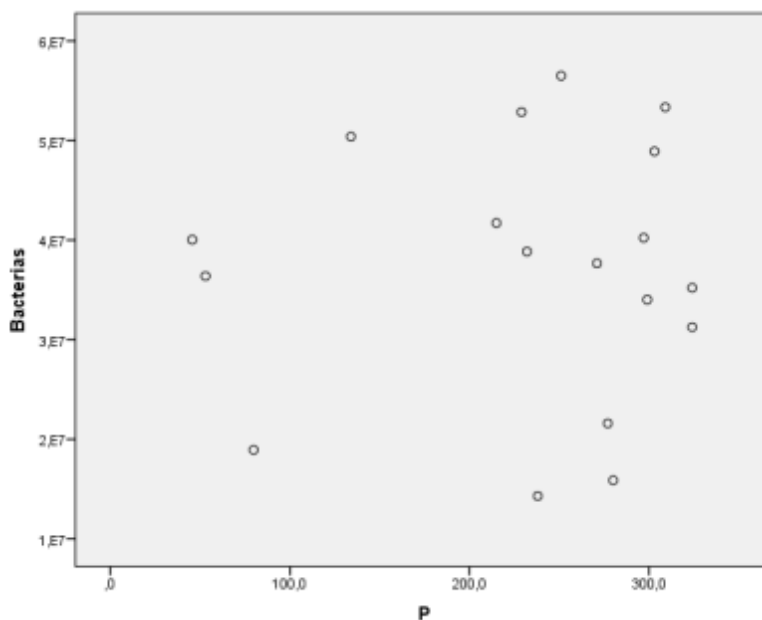
Gráfica 26. Relación de la variable dependiente terminación, frente a las variables significativas en conjunto bacterias y magnesio.



Fuente: El Autor. (2013).



Gráfica 27. Comportamiento de las variables bacterias y pH, cuando la categoría toma la el valor 3.



Fuente: El Autor. (2013).

En el análisis realizado de manera global, en donde todas las variables fueron tomadas en consideración, el resultado que estadísticamente determinó que la influencia altamente significativa con las bacterias y magnesio.



Cuadro 11. Variables significativas al 95% en análisis individual, frente a la variable dependiente terminación.

Regresión	Ecuación	R^2	Significación al 95%
Terminación Hongos /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-2.684 - 0.00018x_1}}$	44%	P= 0,3%
Terminación Bacterias /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{0.138 - 6.258E-008x_1}}$	20%	P= 1,7%
Terminación Fosforo /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-0.168 - 0.015x_1}}$	37%	P= 0,3%
Terminación Potasio /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-0.992 - 3.365x_1}}$	26%	P= 1,3%
Terminación Calcio /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{6.443 + 0.232x_1}}$	23%	P= 1,3%
Terminación Magnesio /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{3.963 + 0.404x_1}}$	27%	1,5%
Terminación Manganeso /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{3.927 + 0.090x_1}}$	27%	P= 1,4%
Terminación Zinc /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-1.517 - 0.311x_1}}$	42%	P= 0,2%
Terminación Densidad aparente /	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{9.3977 - 7.217x_1}}$	29%	P= 0,9%
Terminación / CE	$P(x_1) = \frac{1}{1 + e^{-1,422 - 4,077x_1}}$	23%	P= 2,4%

Fuente: El Autor. (2013).

Las gráfica 28 y 29, muestra que a mayor número de propágulos tanto de hongos como de bacterias mejor es la característica que se le denomina al cromatograma.

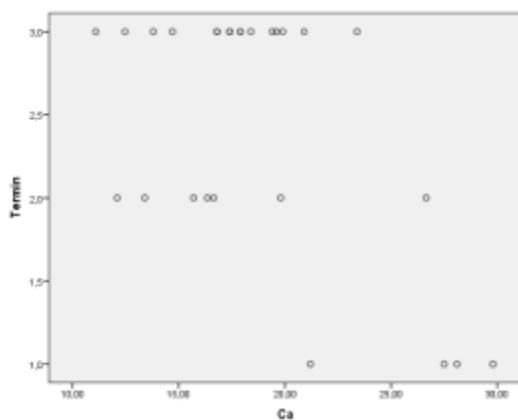


Las gráficas 30, 31, 32, 33 y 35 indican que a concentraciones altas de fosforo, potasio, calcio, magnesio y zinc respectivamente, el croma toma un terminación ideal determinado por la categoría 3.

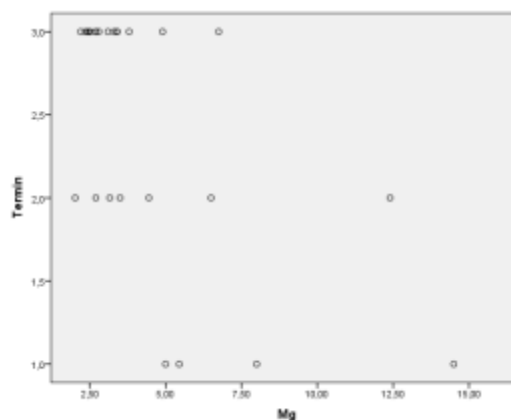
<p>Gráfica 28. Relación de la variable hongos frente a la variable dependiente terminación.</p>	<p>Gráfica 29. Relación de la variable bacterias frente a la variable dependiente terminación.</p>
<p>Gráfica 30. Relación de la variable fosforo frente a la variable dependiente terminación.</p>	<p>Gráfica 31. Relación de la variable potasio frente a la variable dependiente terminación.</p>



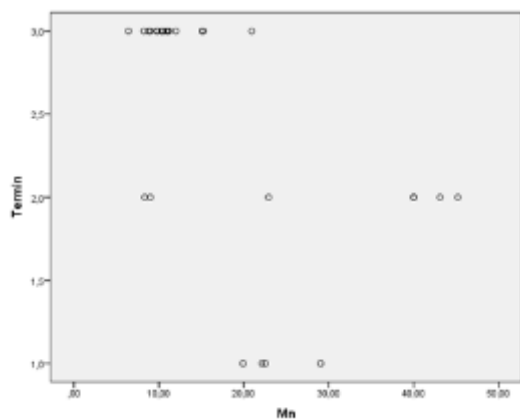
Gráfica 32. Relación de la variable calcio frente a la variable dependiente terminación.



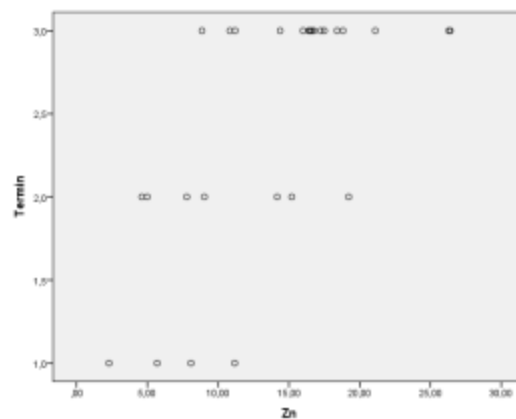
Gráfica 33. Relación de la variable magnesio frente a la variable dependiente terminación.



Gráfica 34. Relación de la variable manganeso frente a la variable dependiente terminación.



Gráfica 35. Relación de la variable zinc frente a la variable dependiente terminación.





<p>Gráfica 36. Relación de la variable densidad aparente frente a la variable dependiente terminación.</p>	<p>Gráfica 37. Relación de la variable conductividad eléctrica frente a la variable dependiente terminación.</p>

Fuente: El Autor. (2013).

La grafica 34 muestra que la concentración media de manganeso nos da como resultado un croma de terminación ideal determinado por la categoría 3.

La grafica 36, indica que a menor densidad aparente el suelo presentará una terminación ideal como indica la gráfica en la categoría 3.

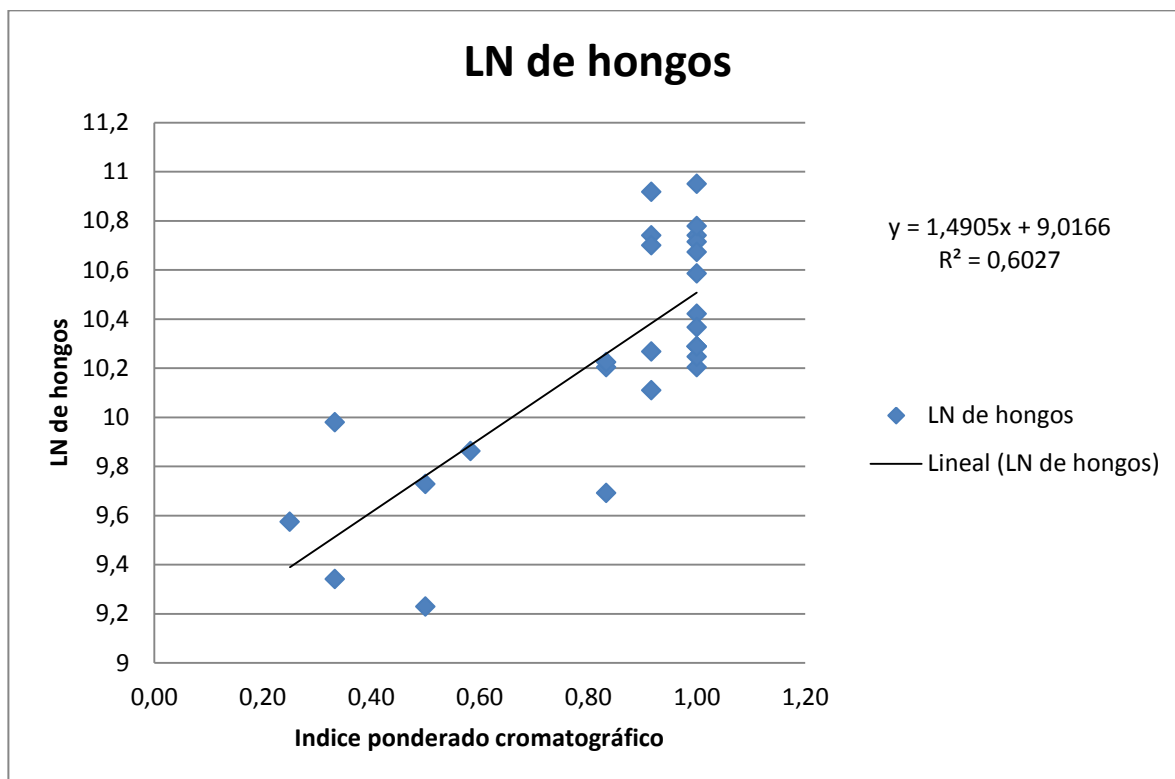
La grafica 37, indica que la conductividad eléctrica alta da como resultado una terminación ideal evidenciado por la categoría 3.



6.3 Resultados de la capacidad de diagnóstico de la cromatografía de suelos para fertilidad de suelo mediante regresión lineal.

6.3.1 Hongos

Gráfica 38. Regresión lineal del comportamiento de la variable hongos frente al cromatograma



LN: Logaritmo natural

Fuente: El autor

Cuadro 12. Resultados correspondientes a la regresión lineal del comportamiento de la variable hongos frente al cromatograma

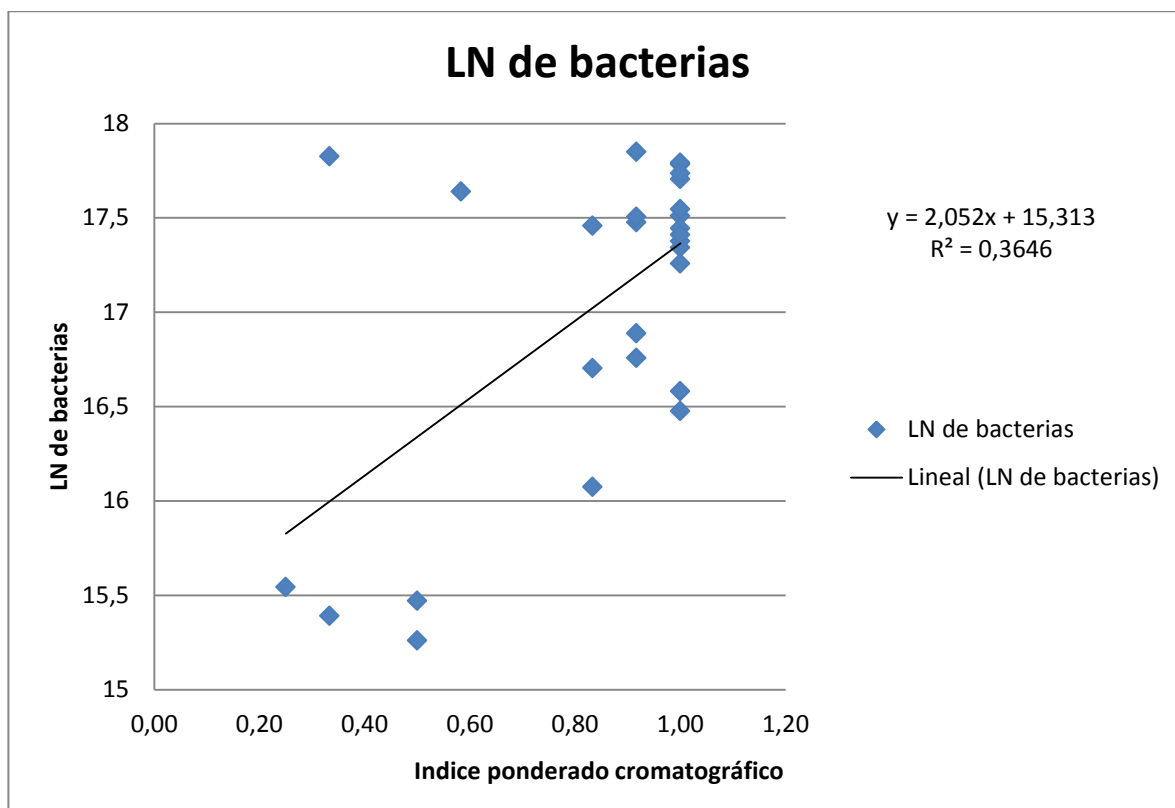
Resumen de regresión lineal hongos.			
Pendiente	Intercepto	R^2	Significancia
0,404	-3,314	0,603	0,000002

Fuente: El autor



6.3.2 Bacterias

Gráfica 39. Regresión lineal del comportamiento de la variable bacterias frente al cromatograma.



LN: Logaritmo natural

Fuente: El autor

Cuadro 13. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la variable bacterias frente al cromatograma.

Resumen de regresión lineal bacterias.			
Pendiente	Intercepto	R^2	Significancia
0,178	-2,189	0,365	0,000854

Fuente: El autor

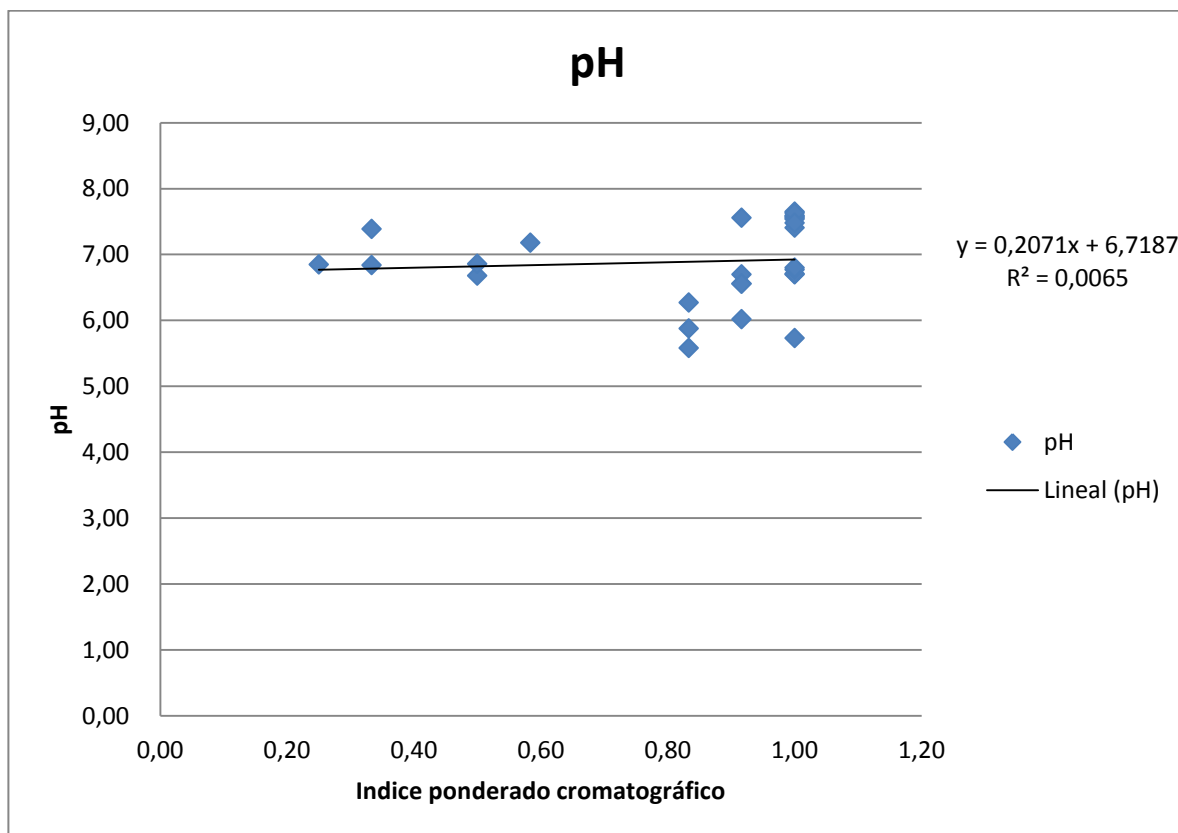
En las gráficas 38 y 39, observamos que a mayor cantidad de propágulos expresados por el logaritmo natural tanto en hongos como bacterias, el índice ponderado del cromatograma indica una buena cualidad del mismo.



Estos datos se relación con los citados por Restrepo & Pinheiro 2011, los que indican q a mayor concentración de microbiología en el suelo mejor las cualidades del cromatograma; y a los citados por Coyne 2000, en los cuales indica que los suelos son de mejor calidad cuando existe actividad biología en el mismo.

6.3.3 pH

Gráfica 40. Regresión lineal del comportamiento de la variable pH frente al cromatograma.



Fuente: El autor

Cuadro 14. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la variable pH frente al cromatograma.

Resumen de regresión lineal pH.			
Pendiente	Intercepto	R^2	Significancia
0,032	0,619	0,007	0,688

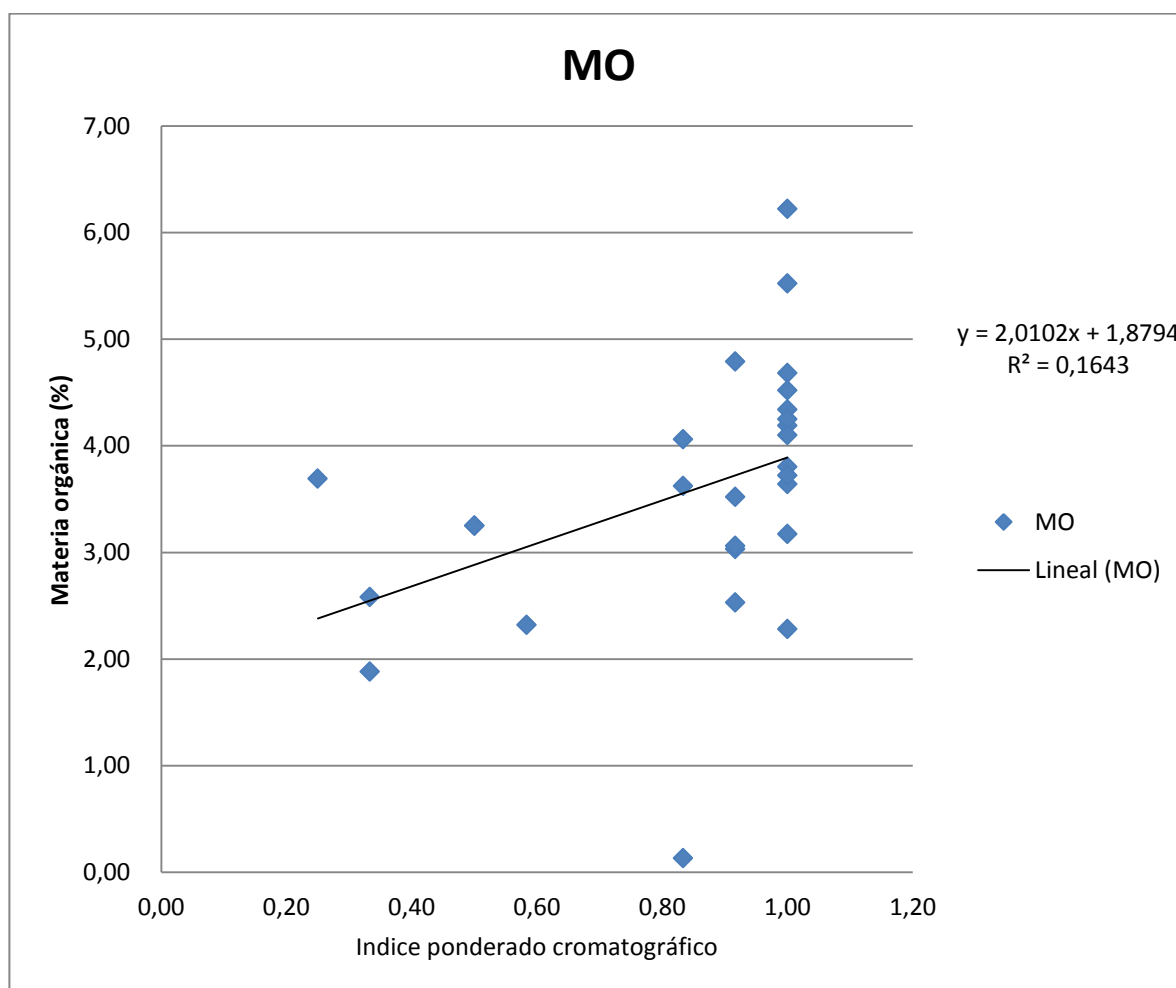


Fuente: El autor

En la gráfica observamos que los resultados obtenidos en el pH, relacionados con el índice ponderado de cromatografía no expresan una significación mayor en su conjunto, caso que en el análisis de regresión logístico ordinal se relacionó solo con la terminación del cromatograma como observamos en el Cuadro 10.

6.3.4 Materia orgánica

Gráfica 41. Regresión lineal del comportamiento de la variable materia orgánica (MO) frente al cromatograma.



Fuente: El autor



Cuadro 15. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la variable materia orgánica (MO) frente al cromatograma.

Resumen de regresión lineal MO.			
Pendiente	Intercepto	R^2	Significancia
0,082	0,545	0,164	0,035

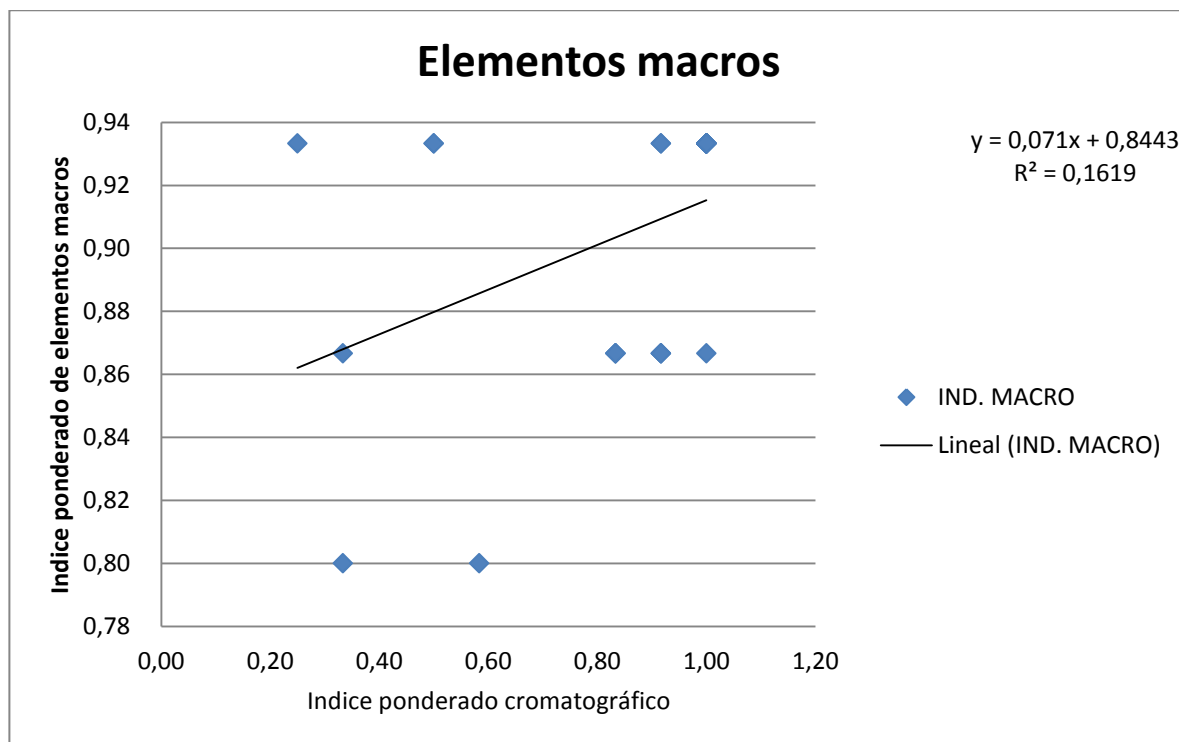
Fuente: El autor

Los resultados presentados por la gráfica 41, presentan la relación de la materia orgánica en el índice ponderado cromatográfico de mayor calidad, datos que se relacionan con los citados por Bakker 2008, Pinheiro 2011 y Restrepo 2011; en los que presenta la relación de la materia orgánica en la calidad del cromatograma, relacionados a la calidad del suelo, cualidad que Coyne 2000 menciona como cualidad de un suelo sano. La relación de la materia orgánica se relacionó de igual manera con las cualidades de cromatograma color y forma radial con explican los cuadros 6 y 8 respectivamente.



6.3.5 Elementos macros (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio)

Gráfica 42. Regresión lineal del comportamiento de las variables N, P, K, Ca y Mg; frente al cromatograma.



Fuente: El autor

Cuadro 16. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de las variables N, P, K, Ca y Mg; frente al cromatograma.

Resumen de regresión lineal N, P, K, Ca y Mg.			
Pendiente	Intercepto	R^2	Significancia
2,279	-1,223	0,162	0,037

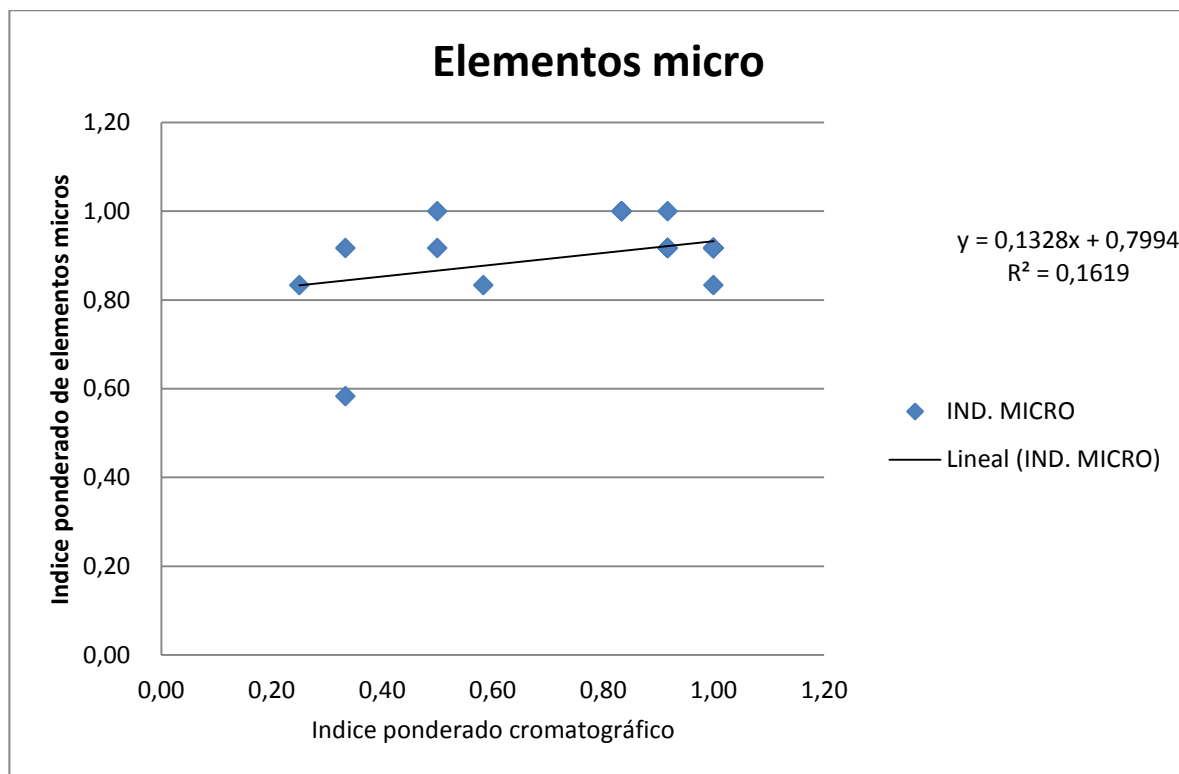
Fuente: El autor

Los elementos macros analizados presentan significancia en el análisis de regresión lineal con el índice ponderado de los mismos frente al cromatográfico; a pesar de presentar significancia en el análisis de regresión logística ordinal.



6.3.6 Elementos micro (hierro, manganeso, cobre, zinc)

Gráfica 43. Regresión lineal del comportamiento de las variables Fe, Mn, Cu y Zn; frente al cromatograma.



Fuente: El autor

Cuadro 17. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de las variables Fe, Mn, Cu y Zn; frente al cromatograma.

Resumen de regresión lineal Fe, Mn, Cu y Zn.			
Pendiente	Intercepto	R^2	Significancia
1,219	-0,273	0,162	0,037

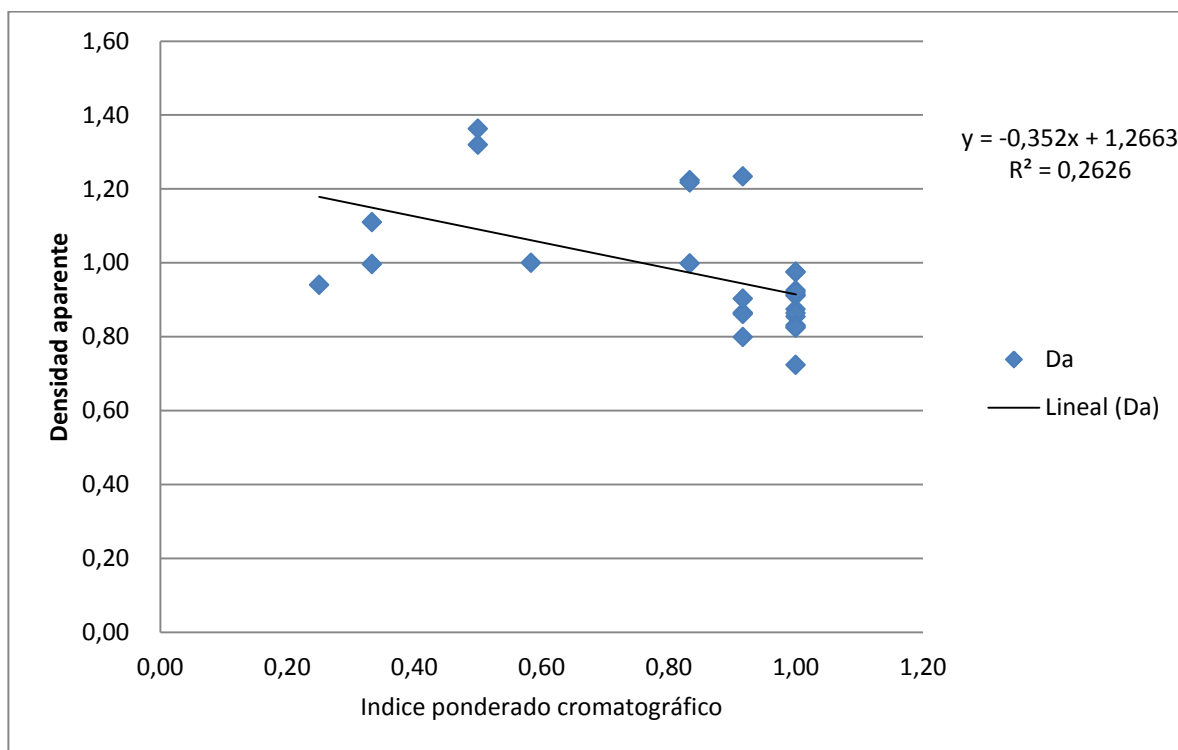
Fuente: El autor

Los resultados de la gráfica 43 de los índices ponderados de los elementos micro frente al cromatográfico presentan significancia relacionando a su presencia con la calidad del cromatograma. Estos resultados coinciden con Restrepo & Pinheiro 2011 en los cuales indican que la diversidad de nutrientes mejor la calidad del suelo.



6.3.7 Densidad aparente

Gráfica 44. Regresión lineal del comportamiento de la variable densidad aparente (Da) frente al cromatograma.



Fuente: El autor

Cuadro 18. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la variable densidad aparente (Da) frente al cromatograma.

Resumen de regresión lineal Da.			
Pendiente	Intercepto	R^2	Significancia
-0,746	1,561	0,263	0,006

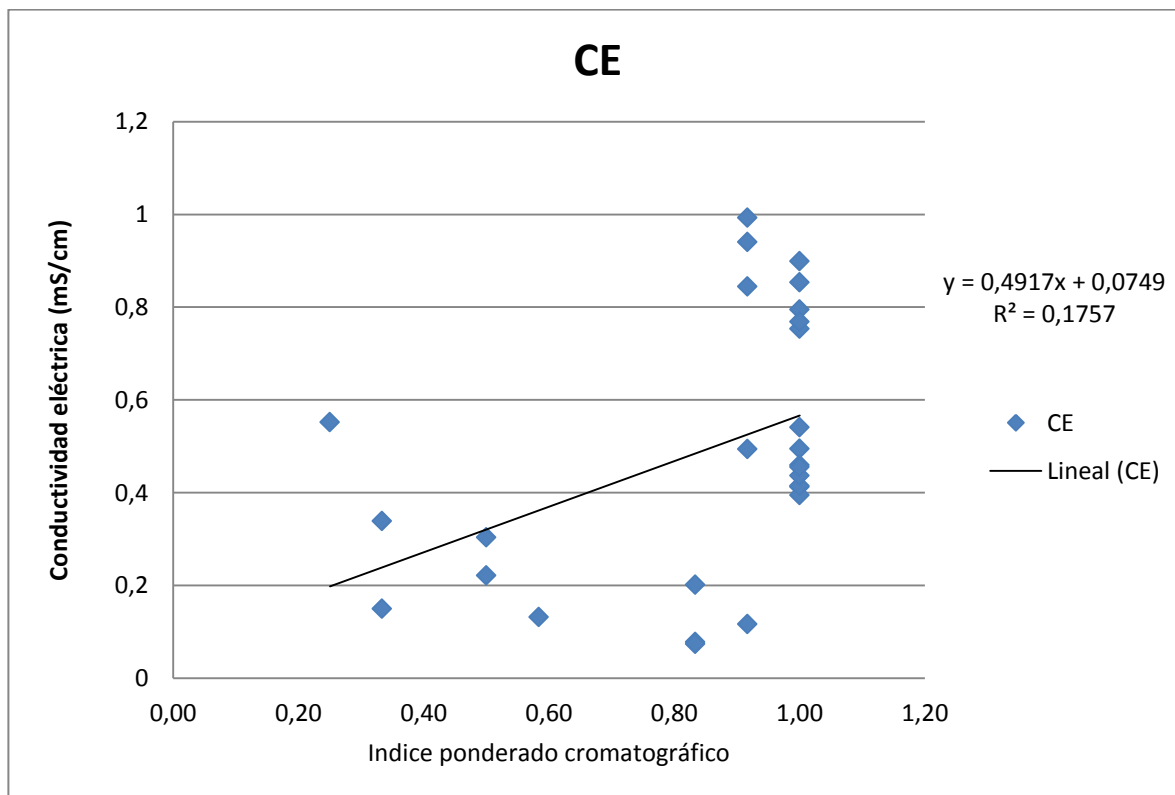
Fuente: El autor

Los resultados presentados en la gráfica 44 indican la significancia entre la densidad aparente y la calidad del cromatograma, información que Pinheiro 2011 y Restrepo 2011 indican de igual manera como cualidad de un suelo de buena calidad relacionado con características óptimas de un suelo sano.



6.3.8 Conductividad eléctrica

Gráfica 45. Regresión lineal del comportamiento de la variable conductividad eléctrica (Ce) frente al cromatograma.



Fuente: El autor

Cuadro 19. Resultado correspondiente a la regresión lineal del comportamiento de la conductividad eléctrica (Ce) frente al cromatograma.

Resumen de regresión lineal CE.			
Pendiente	Intercepto	R^2	Significancia
0,357	0,663	0,176	0,030

Fuente: El autor

La gráfica 45 presenta la relación entre la conductividad eléctrica con el índice ponderado cromatográfico, indicando una significancia en la misma que a mayor CE el cromatograma presentará mejores cualidad, que las recomiendan los autores Bakker 2008, Pinheiro 2011, Restrepo 2011 y Gras 2012 en las características de un cromatograma ideal.

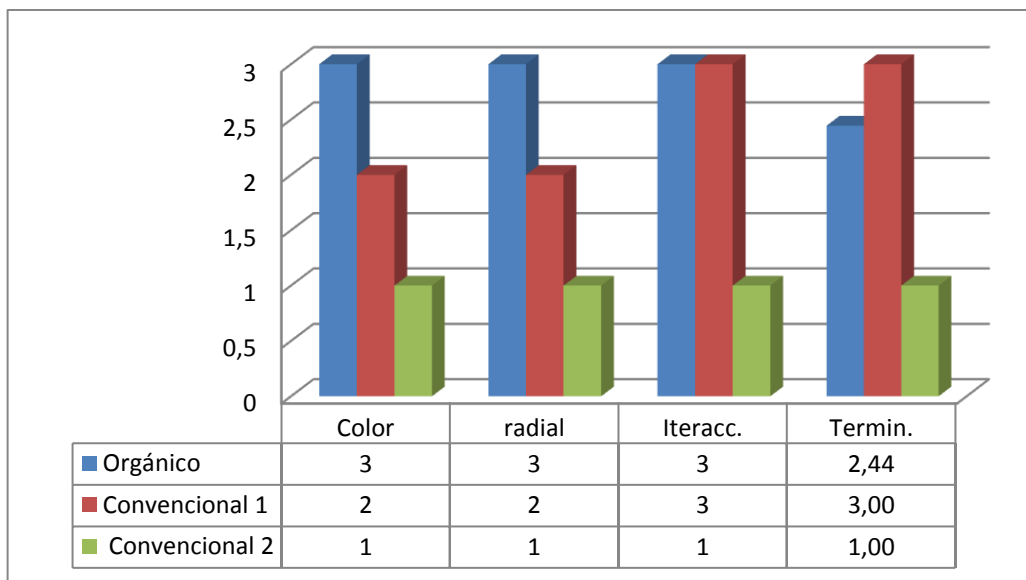


6.4 Comparaciones entre los diferentes cultivos

6.4.1 Hortalizas

6.4.1.1 Cromatografía

Gráfica 46. Comparación del comportamiento de las características de los cromatogramas en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

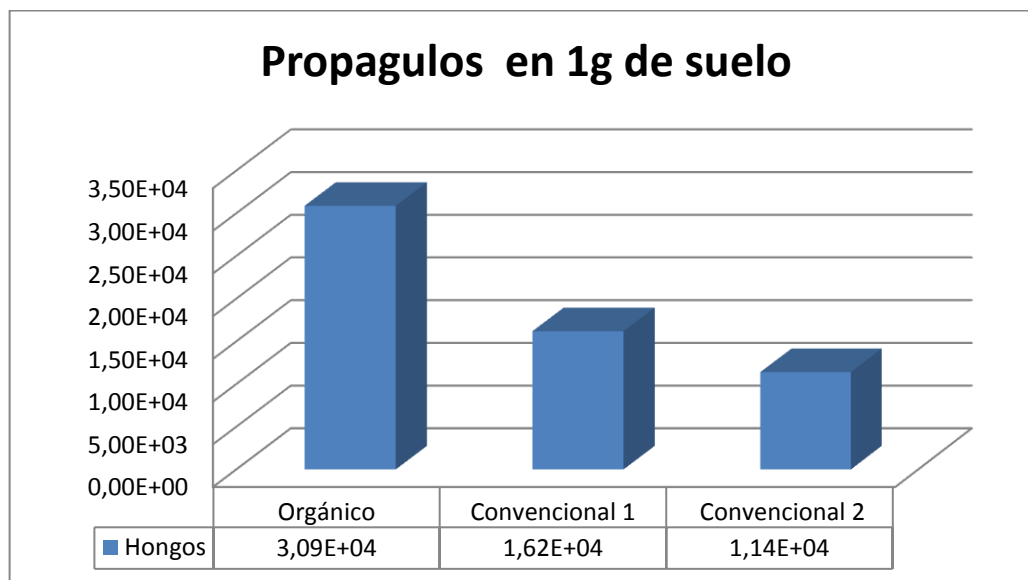
La grafica nos indica el comportamiento de las cualidades dadas al análisis cromatográfico. El valor de 2,44 del suelo orgánico en el análisis de la terminación del croma obedece a la cantidad de materia orgánica incorporado a este suelo, materiales como aserrín que se degrada de manera más lenta por la cantidad de celulosa y taninos. Los diferentes manejos nos dan un comportamiento diferente de casa unos de los suelos analizados en este cuadro. Es importante resaltar el resultado del comportamiento de la muestra Convencional 1, que recibe incorporaciones de composta procesada en la finca Orgánica aquí estudiada. La muestra Convencional 2 trabajada convencionalmente nos ha presentado un croma con cualidades bajas, evidenciando el deterioro del equilibrio de la fertilidad en el mismo.



Las características cromatográficas reflejan que la armonía entre la interacción de materia orgánica, minerales y microbiología, se ven reflejados en los suelos de manejo orgánico.

6.4.1.2 Hongos

Gráfica 47. Comportamiento de propágulos de hongos de los diferentes suelos, propagados en medio PDA.

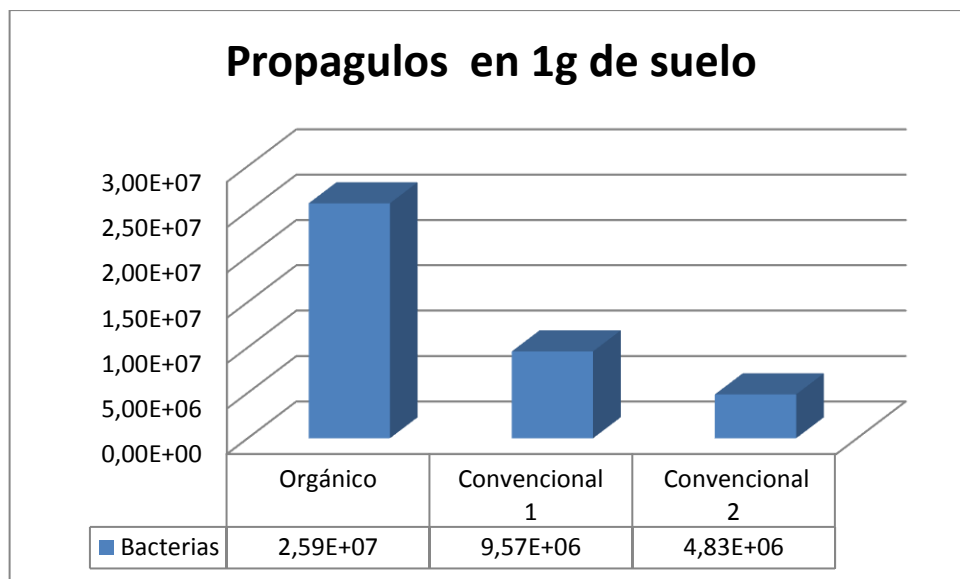


Fuente: El Autor. (2013).



6.4.1.3 Bacterias

Gráfica 48. Comportamiento de propágulos de bacterias de los diferentes suelos, propagados en medio agar nutritivo.



Fuente: El Autor. (2013).

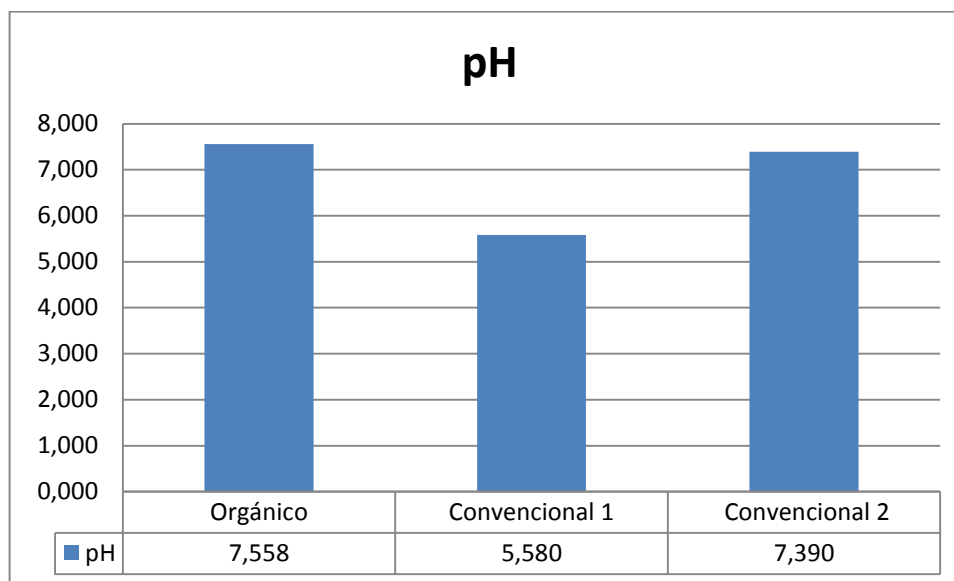
El comportamiento de hongos y bacterias, que muestra la gráfica 47 y 48, indica claramente la diferencia a nivel biológico del suelo orgánico frente a los manejados convencionales.

Estos resultados en los que evidenciamos la presencia biológica es producto de las técnicas agrícolas que favorecen las condiciones para la multiplicación y colonización de las mismas.



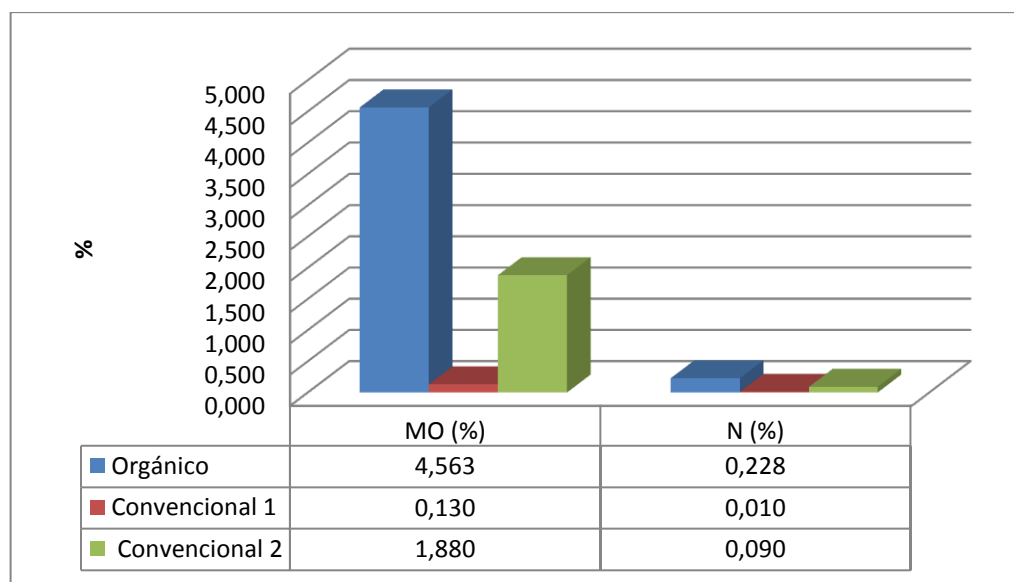
6.4.1.4 pH, Materia orgánica (MO), nitrógenos (N)

Gráfica 49. Comparación de pH, en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

Gráfica 50. Comparación de MO y N, en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

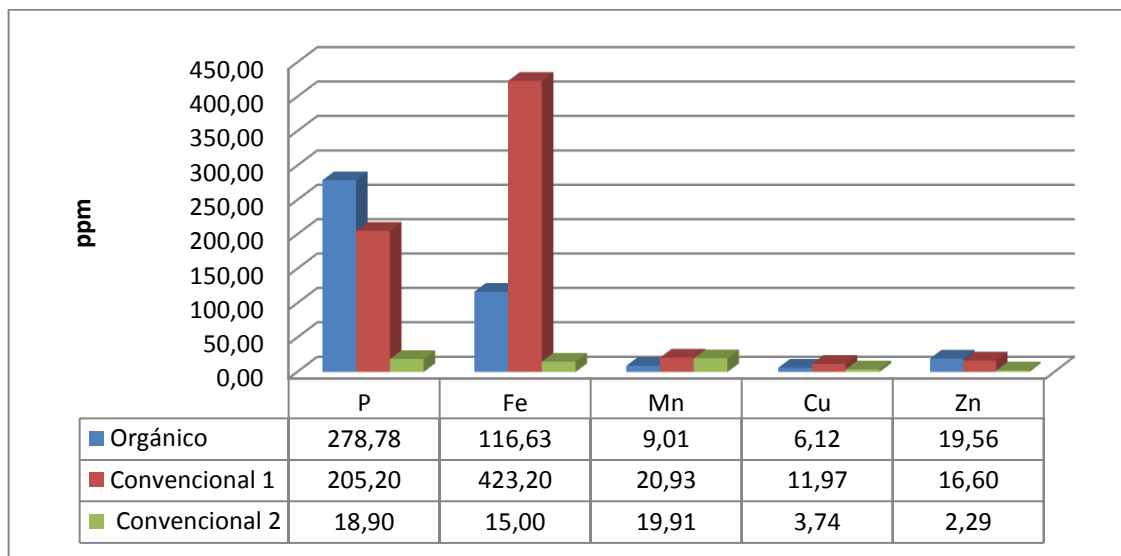


Le comportamiento del pH en el suelo Orgánico y Convencional 2 se mantienen dentro de la neutralidad. El Convencional 2 denominado ligeramente ácido. La materia orgánica (MO) alta en el suelo de manejo orgánico, medio en el suelo convencional 2 y bajo en el suelo convencional 1. El nitrógeno en el suelo orgánico se encuentra en estado medio y los 2 restantes en nivel bajo.

La aplicación de materiales con alto contenido de celulosa (aserrín), se refleja en orgánica que la ser de lenta descomposición, pero activa por el grado de biología en ella presente, en comparación al convencional 2, el cual tiene materia orgánica pero baja biología, lo que evidencia que la misma no se encuentra en un estado normal de humificación.

6.4.1.5 Fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn)

Gráfica 51. Comparación del comportamiento de P, Fe, Ca, Mn, Cu, Zn en los suelos con diferente manejo.

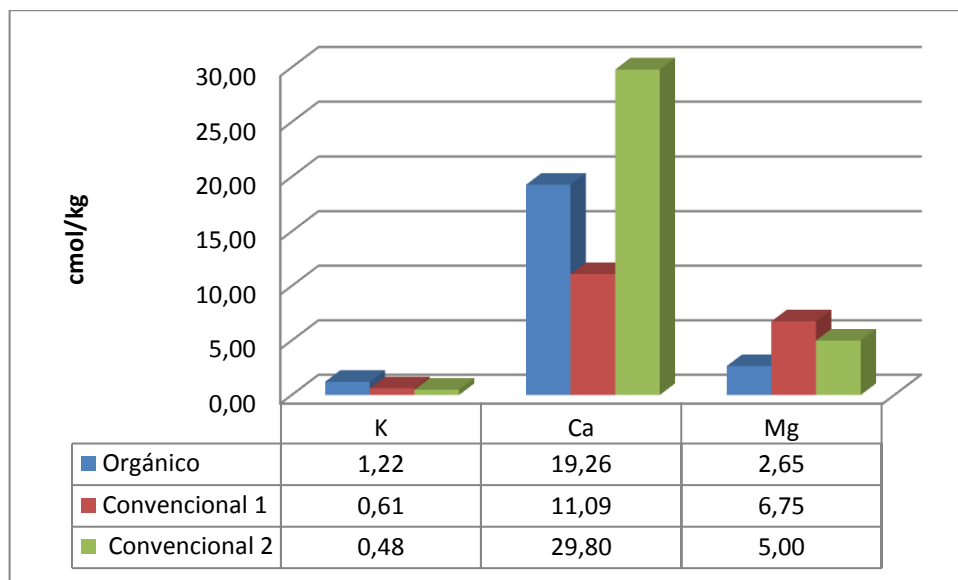


Fuente: El Autor. (2013).



El comportamiento del suelo orgánico presenta un nivel de los elementos mencionados en la gráfica 51 son alto, excepto el manganeso que se encuentra en nivel medio. La muestra de convencional 1 mantiene un nivel alto en todos los elementos graficados. El suelo analizado en el Convencional 2, mantiene alto el manganeso, en nivel medio el cobre y fosforo; y bajos el hierro y zinc.

Gráfica 52. Comparación del comportamiento de K, Ca, Mg en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

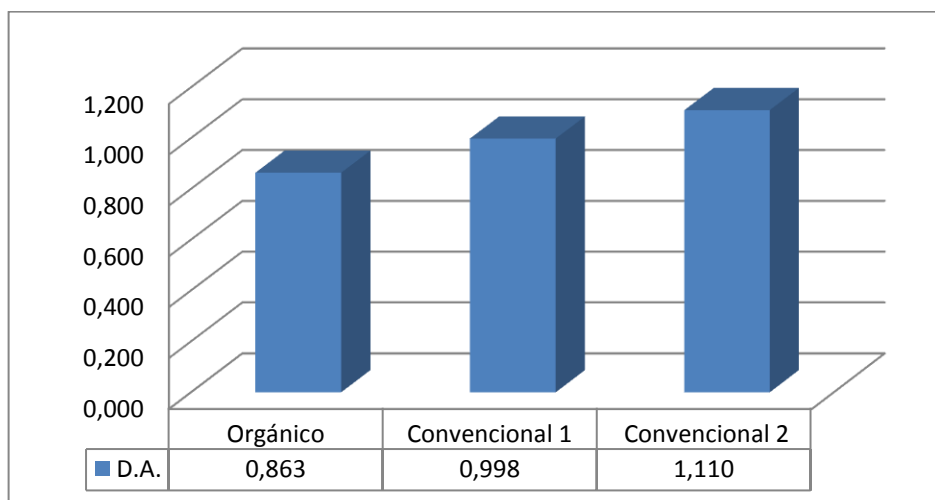
Los elementos analizados en el grafica 52, muestran un nivel alto en los tres suelos puestos a comparación.

Las técnicas de agricultura orgánica presentan niveles altos en los elementos analizados en el suelo, mostrando que no existe una deficiencia para los parámetros establecidos por los laboratorios.



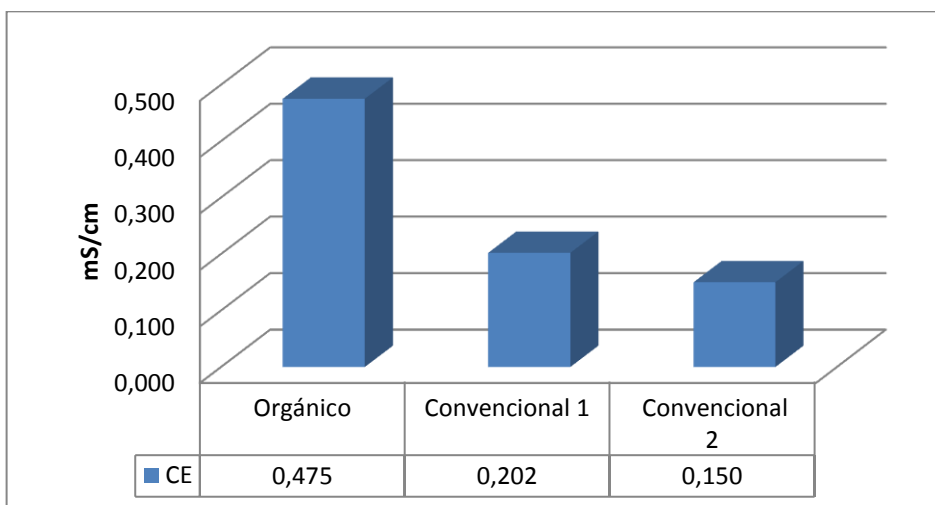
6.4.1.6 Densidad aparente (D.A.), conductividad eléctrica (CE)

Gráfica 53. Comparación de la densidad aparente (D.A.) en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

Gráfica 54. Comparación de la conductividad eléctrica (CE) en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).






El comportamiento de la densidad aparente (D.A.) se ve mejor en el suelo orgánico. La conductividad eléctrica (CE) se ve más concentrada en los suelos orgánicos y disminuye en los suelos con manejo convencional.

La conductividad de los suelos, al ser un indicador de sales en el suelo, muestra que los suelos de manejo orgánico, contienen mayor nivel de sales de origen mineral orgánico.

6.4.1.7 Comparación cromatográfica de suelos hortícolas con diferentes manejos.

Cuadro 20. Ejemplo de los cromas estudiados con los diferentes manejos.

	
Suelo con manejo orgánico con incorporación de composta.	Suelo de manejo convencional con incorporación de comporta.
	
Suelo con manejo convencional.	

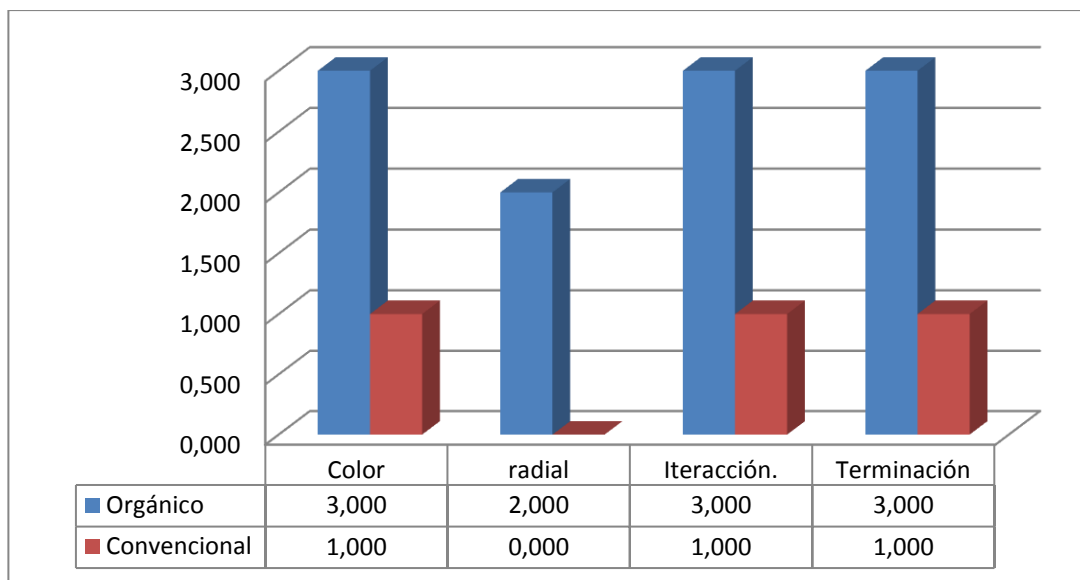
Fuente: El Autor. (2013).



6.4.2 Florícolas

6.4.2.1 Cromatografía

Gráfica 55. Comparación del comportamiento de las características de los cromatogramas en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

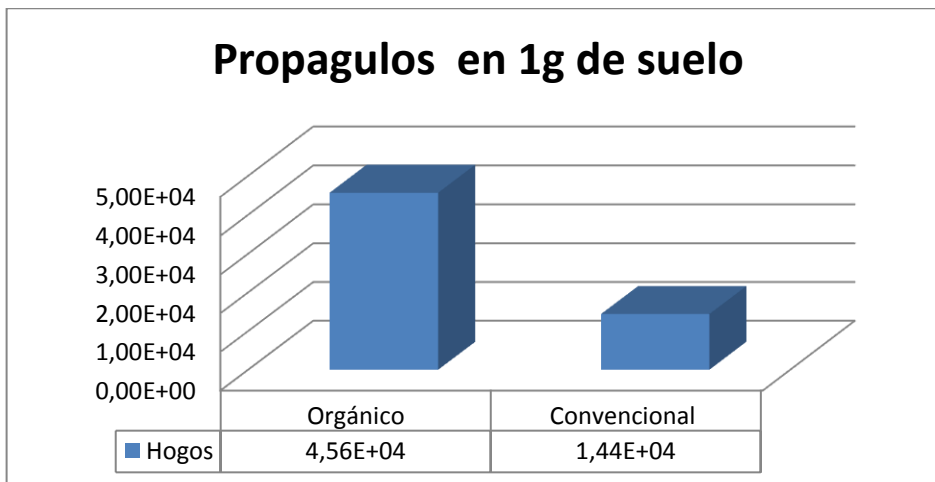
Las cualidades del cromograma son claramente superiores en el suelo orgánico frente al suelo tratado de manera convencional.

Las interacciones presentadas por los cromas nos revelan que la materia orgánica, microbiología y minerales están en buen estado en el suelo, comparado con los del suelo de manejo convencional.



6.4.2.2 Hongos

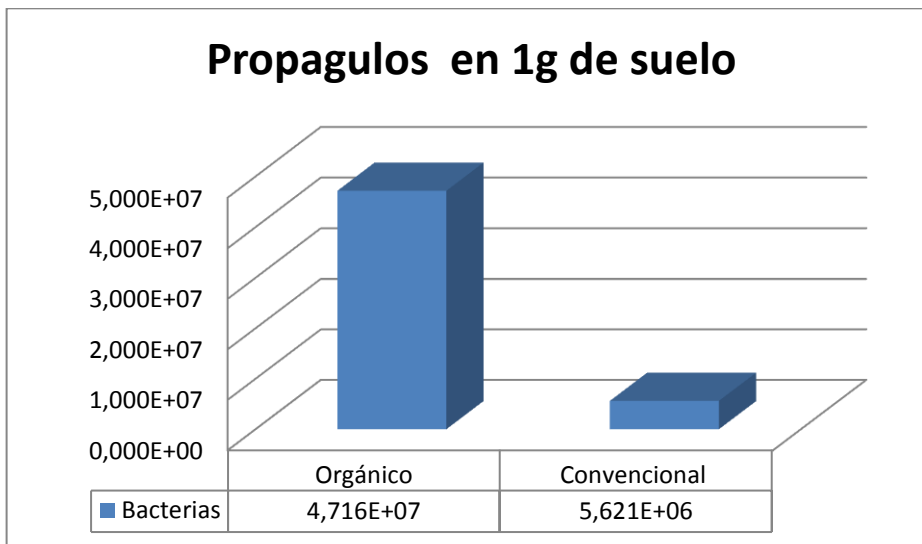
Gráfica 56. Comportamiento de propágulos de hongos de los diferentes suelos, propagados en medio PDA.



Fuente: El Autor. (2013).

6.4.2.3 Bacterias

Gráfica 57. Comportamiento de propágulos de bacterias de los diferentes suelos, propagados en medio agar nutritivo.



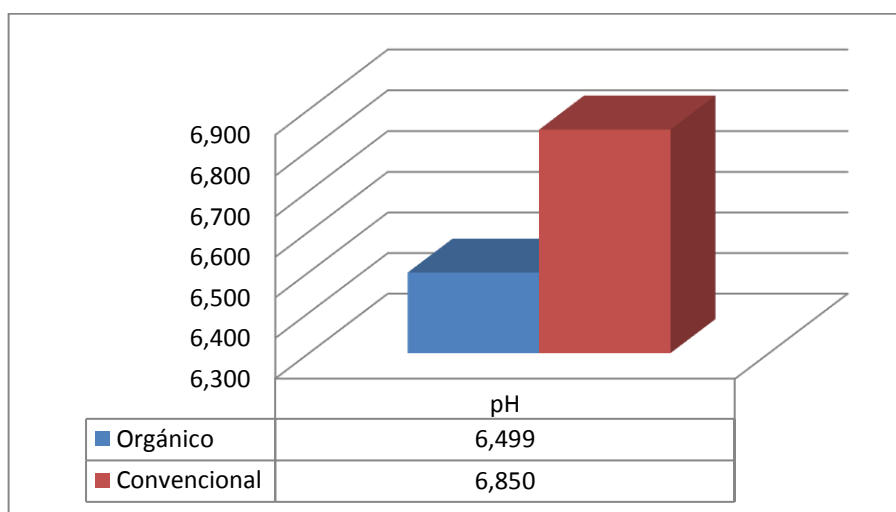
Fuente: El Autor. (2013).



El comportamiento de hongos y bacterias, que muestra la gráfica 56 y 57, indica claramente la diferencia a nivel biológico del suelo orgánico frente a los manejados convencionalmente.

6.4.2.4 pH, Materia orgánica (MO), nitrógenos (N)

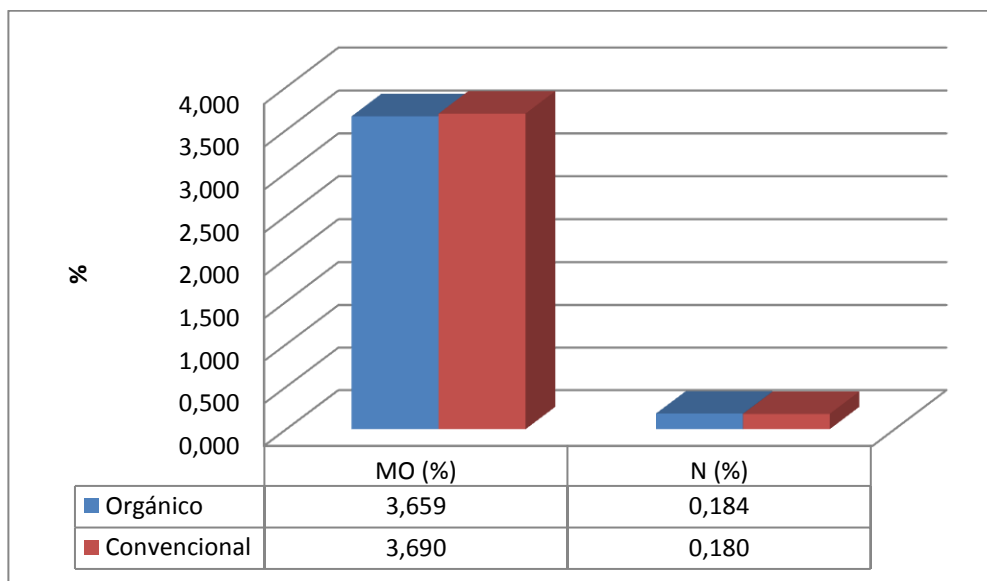
Gráfica 58. Comparación de pH en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).



Gráfica 59. Comparación de MO y N, en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

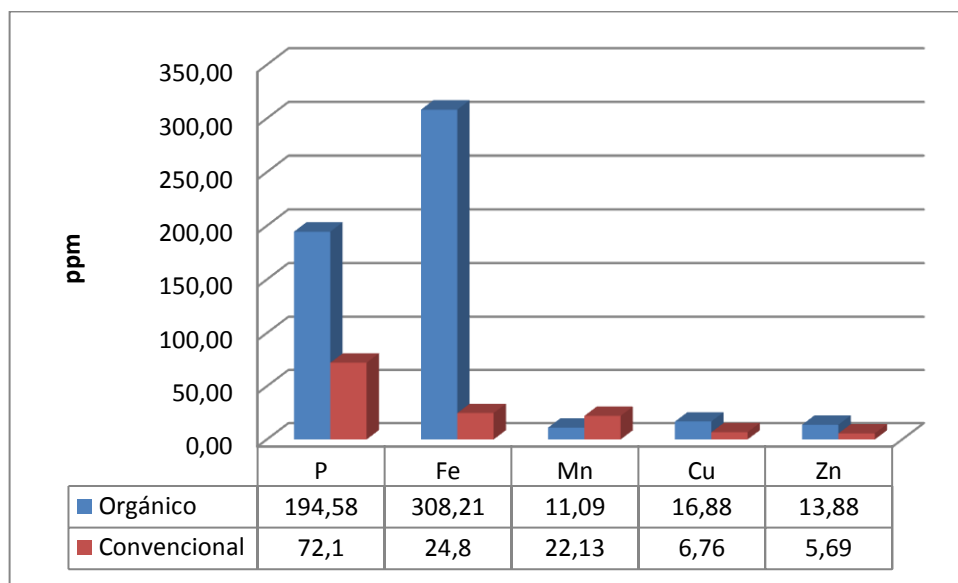
Le comportamiento del pH en el suelo Orgánico y Convencional se mantienen dentro de la neutralidad. La materia orgánica (MO) se encuentra en presencia alta en los suelos analizados. El nitrógeno de igual manera se encuentra en nivel medio en los dos casos.

Los suelos presentan niveles similares de materia orgánica, pero a nivel microbiológico los de manejo orgánico presentan niveles altos de actividad, lo que evidencia que el aprovechamiento de la materia orgánica es mayor en los suelos de manejo orgánico.



6.4.2.5 Fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn)

Gráfica 60. Comparación del comportamiento de P, Fe, Ca, Mn, Cu, Zn en los suelos con diferente manejo.

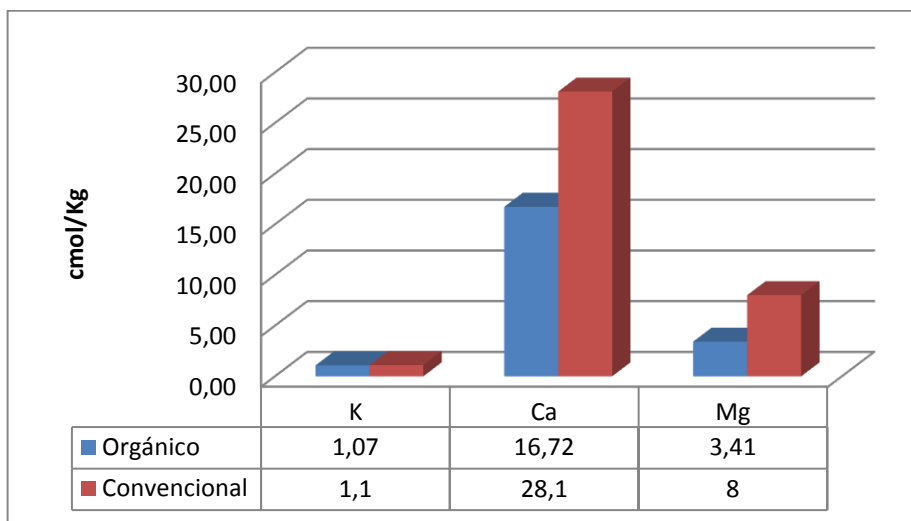


Fuente: El Autor. (2013).

El comportamiento del suelo orgánico presenta un nivel de los elementos mencionados en la gráfica 60 son alto, excepto el manganeso que se encuentra en nivel medio. La muestra de convencional mantiene alto el fosforo, manganeso y cobre; en nivel medio el hierro y zinc.



Gráfica 61. Comparación del comportamiento de K, Ca, Mg en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

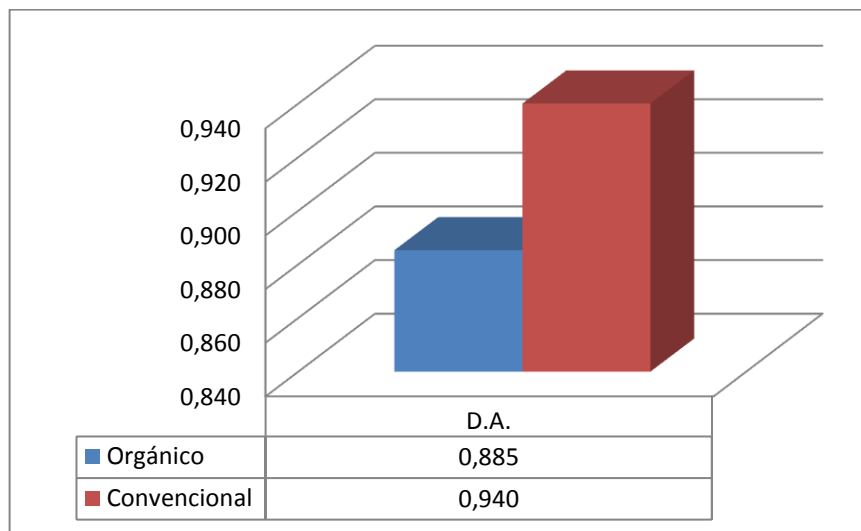
Los elementos analizados en el grafica 61, muestran un nivel alto en los tres suelos puestos a comparación.

Las técnicas aplicadas en el suelo por un manejo orgánico han dado mejor respuesta a nos niveles de nutrientes en el suelo, evidenciado en los análisis de laboratorio, como también por los cromatográficos.



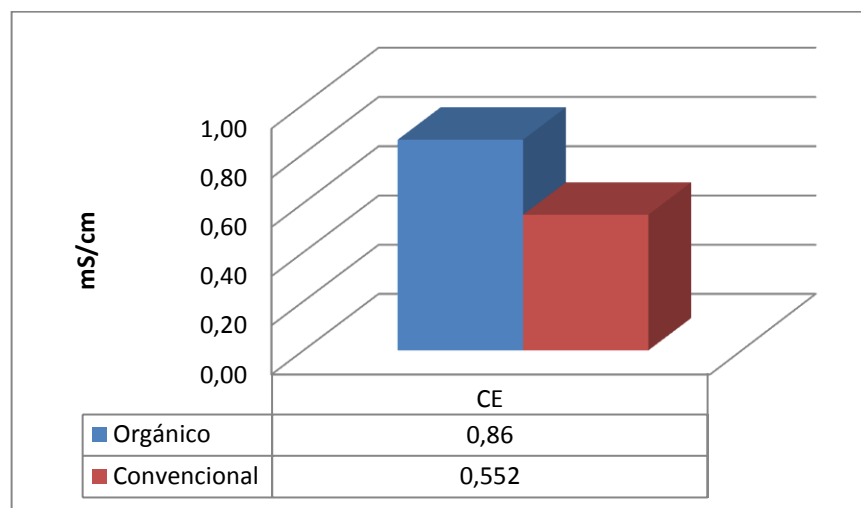
6.4.2.6 Densidad aparente (D.A.), conductividad eléctrica (CE).

Gráfica 62. Comparación de la densidad aparente en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

Gráfica 63. Comparación de la conductividad eléctrica en los suelos con diferente manejo.





Fuente: El Autor. (2013).

El comportamiento de la densidad aparente (D.A.) se ve mejor en el suelo orgánico. La conductividad eléctrica (CE) se ve más concentrada en los suelos orgánicos y disminuye en los suelos con manejo convencional.

6.4.2.7 Comparación cromatográfica de suelos florícolas con diferentes manejos.

Cuadro 21. Ejemplo de los cromas estudiados con los diferentes manejos.

	
Suelo con manejo orgánico, con aplicaciones de biofermentos líquidos/sólidos y microbiología.	Suelo con manejo convencional.

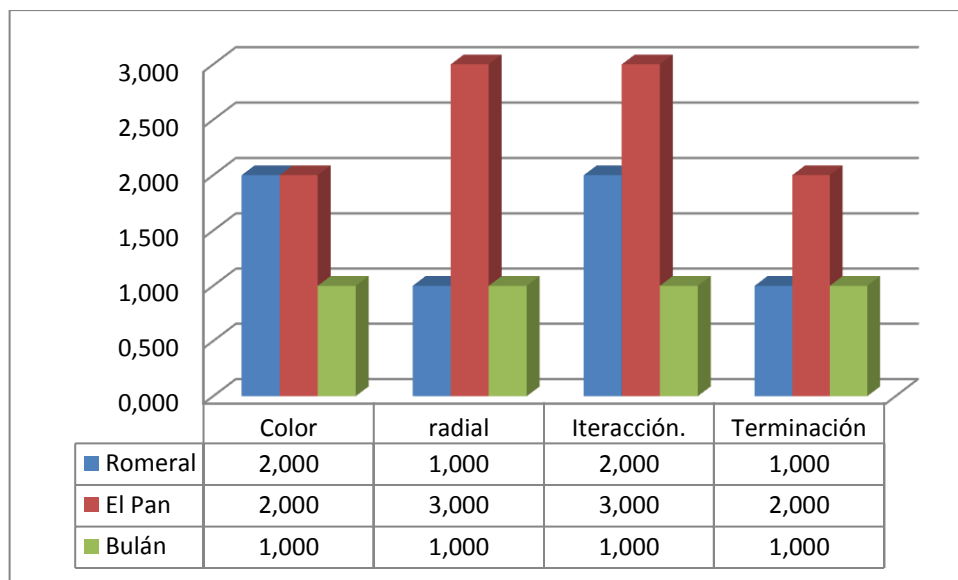
Fuente: El Autor. (2013).



6.4.3 Austro

6.4.3.1 Cromatografía

Gráfica 64. Comparación del comportamiento de las características de los cromatogramas en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

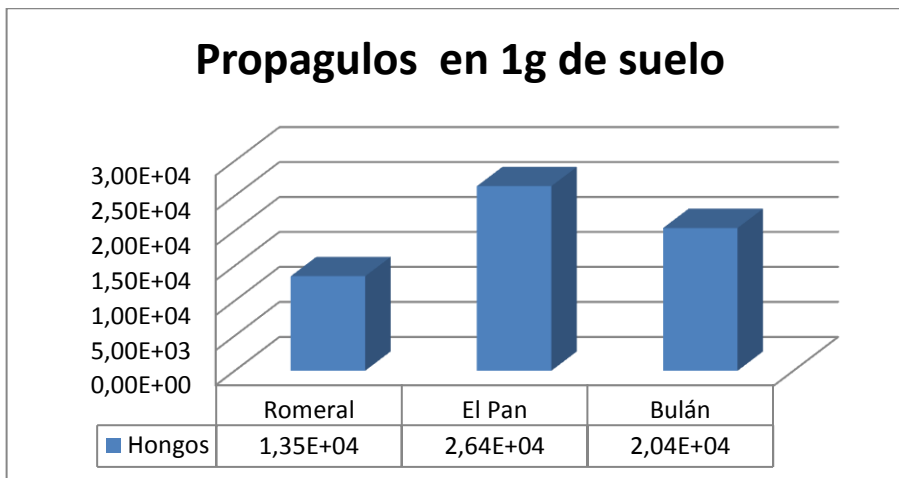
La variabilidad de las cualidades cromatográficas de los suelos estudiados se asocia al manejo aplicado en el suelo. Las muestras correspondientes al El Pan, denota que la fertilidad se encuentra en mejor equilibrio.

Las cualidades cromatográficas revelan que el suelo que no ha sido sometido a técnicas convencionales tienen mejor relación entre la materia orgánica, microbiología y minerales.



6.4.3.2 Hongos

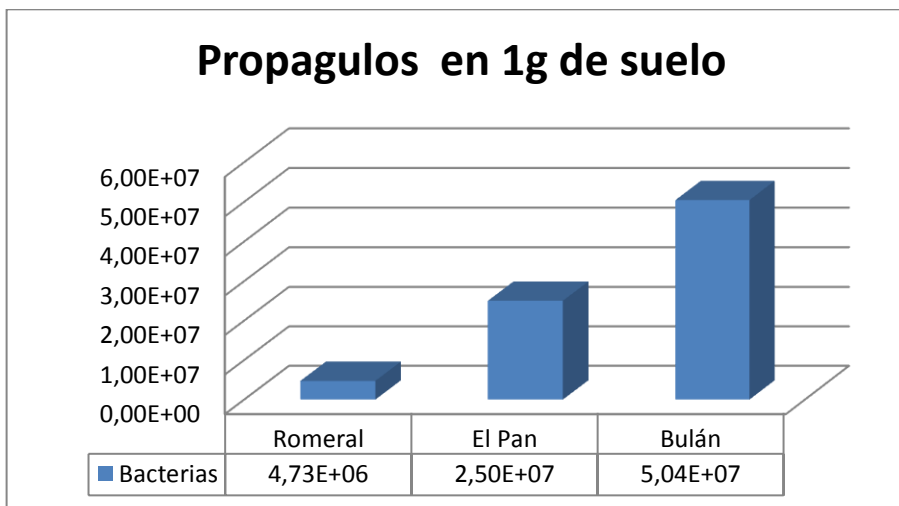
Gráfica 65. Comportamiento de propágulos de hongos de los diferentes suelos, propagados en medio PDA.



Fuente: El Autor. (2013).

6.4.3.3 Bacterias

Gráfica 66. Comportamiento de propágulos de bacterias de los diferentes suelos, propagados en medio agar nutritivo.



Fuente: El Autor. (2013).

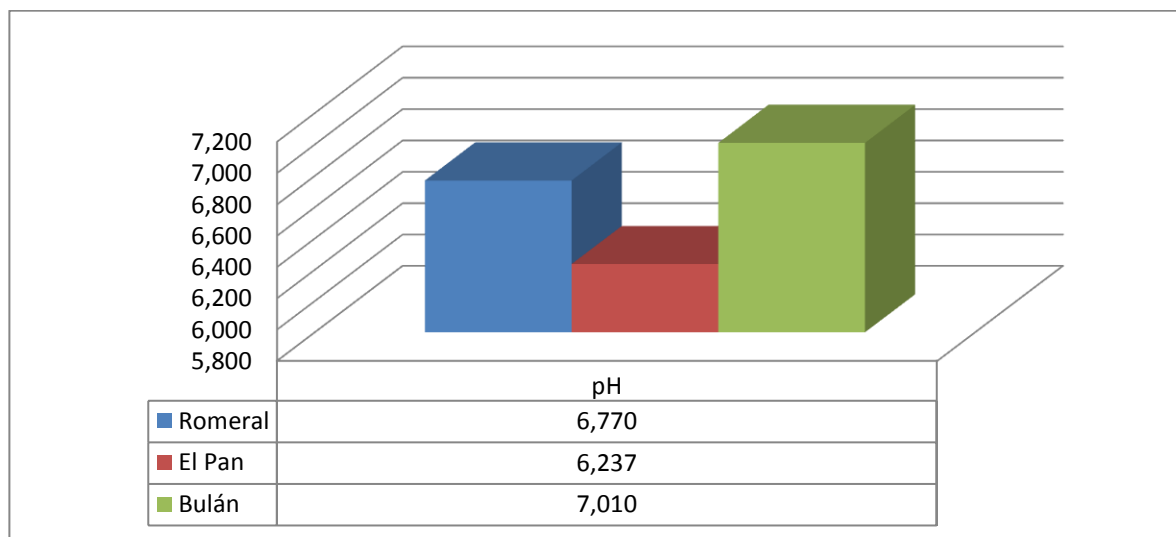


La grafica 65 indica la presencia mayoritaria de hongos en los suelos de El Pan, seguido por las muestras de Bulán y finalmente al Romeral. En la gráfica 66 correspondiente a conteo de bacterias, las muestras de Bulán superan a los suelos comparados.

Los comportamientos de la microbiología estudiada rebelan que en el caso de hongos, la presencia es superior en el suelo que no ha sido tratado con técnicas convencionales; pero las bacterias se presentan en un nivel alto frente a las otras muestras estudiadas en un suelo que tiene una mezcla de técnicas convencionales y orgánicas.

6.4.3.4 pH, Materia orgánica (MO), nitrógenos (N)

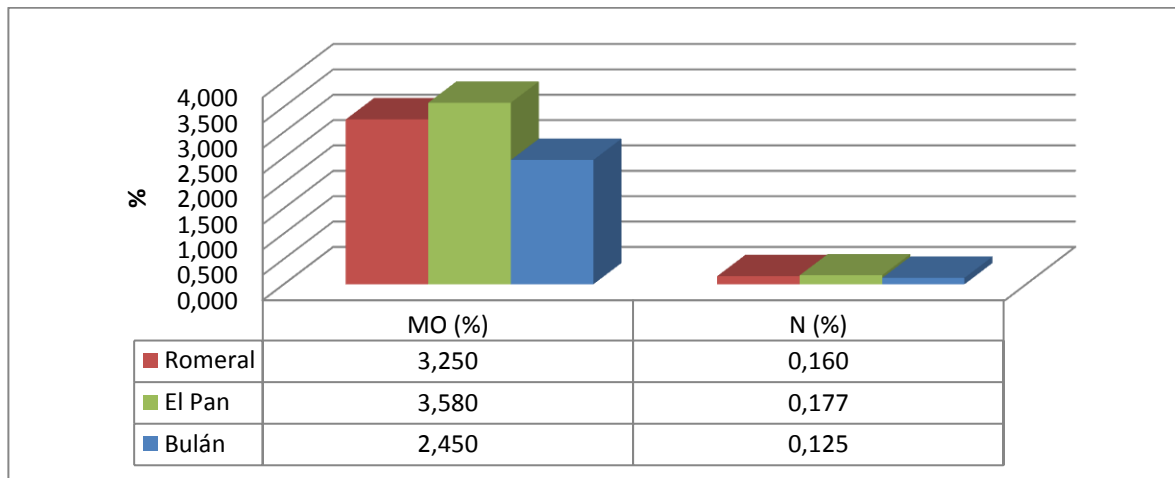
Gráfica 67. Comparación de pH en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).



Gráfica 68. Comparación de MO y N, en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

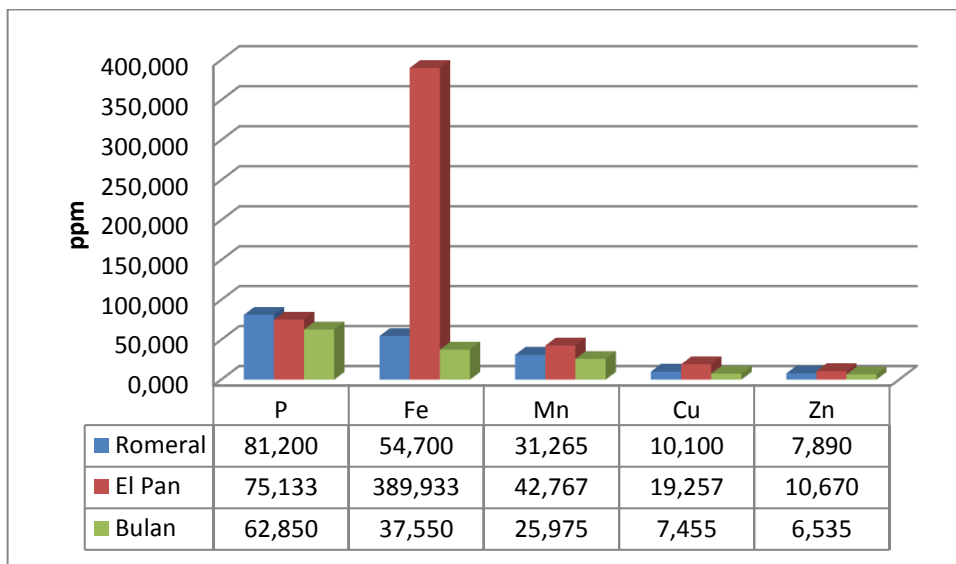
El comportamiento de pH es Neutro a excepción de El Pan que corresponde a un valor ligeramente ácido. Los valores de materia orgánica se encuentran con presencia alta. El nitrógeno se encuentra en nivel medio, excepto en la muestra correspondiente a Bulán que se encuentra en nivel bajo.

El nivel de materia orgánica responde a las prácticas desarrolladas en estos suelos.



6.4.3.5 Fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn)

Gráfica 69. Comparación del comportamiento de P, Fe, Mn, Cu, Zn en los suelos con diferente manejo.

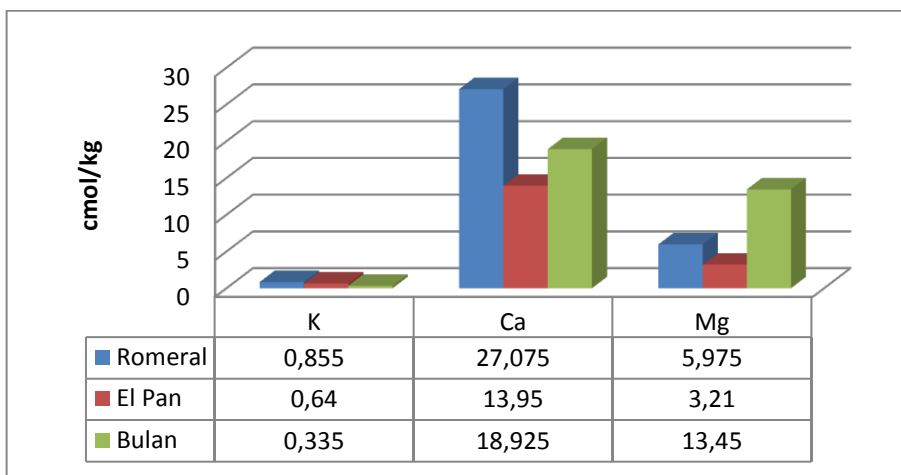


Fuente: El Autor. (2013).

Lo niveles de los elementos analizados en el grafico 69 presentan un nivel alto de los elementos comparados en las muestras presentes, excepto el valor de hierro en la muestra correspondiente a Bulán, se encuentra en nivel medio.



Gráfica 70. Comparación del comportamiento de K, Ca, Mg en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

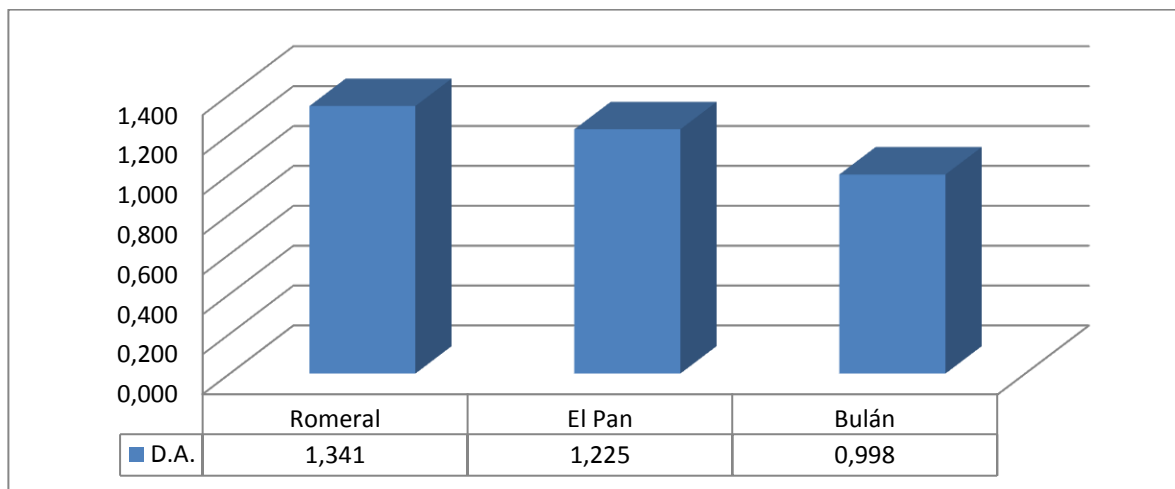
Los valores presentados en la gráfica 70, presentan a los elementos en valores altos, excepto en el valor correspondiente al potasio de la muestra Bulán que se encuentra el valor medio.

Los suelos presentan unos niveles altos de elementos pero no se determina su eficiencia en los mismos.



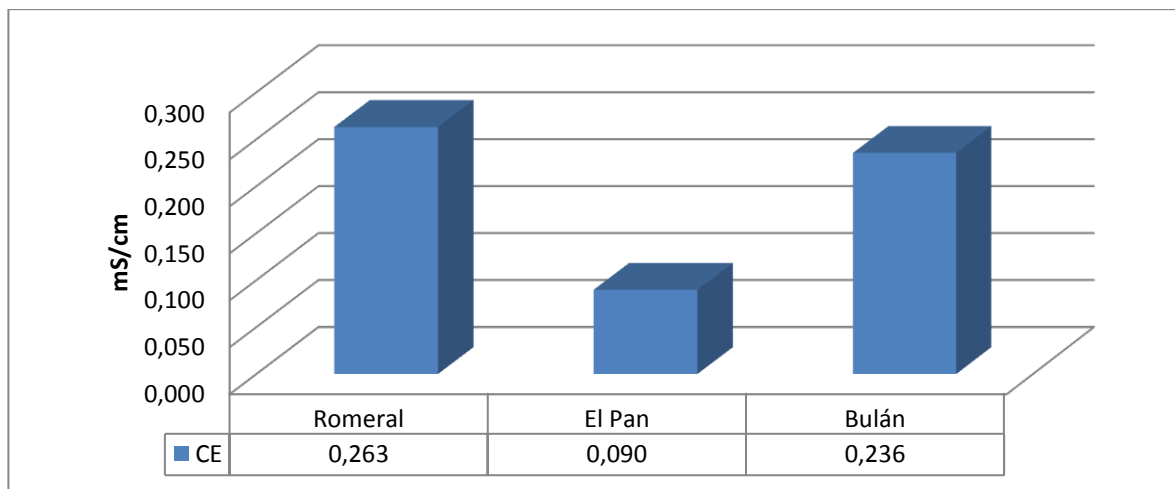
6.4.3.6 Densidad aparente (D.A.), conductividad eléctrica (CE).

Gráfica 71. Comparación de la densidad aparente en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).

Gráfica 72. Comparación de la conductividad eléctrica en los suelos con diferente manejo.



Fuente: El Autor. (2013).







La prueba de densidad aparente muestra que el valor inferior corresponde a Bulán. El valor de conductividad eléctrica se presenta similar entre El Romeral y Bulán e inferior en la muestra de El Pan.

La conductividad en este caso se presenta menor en el suelo que no tiene una intervención de ninguna práctica convencional u orgánica.

6.4.3.7 Comparación cromatográfica de suelos hortícolas con diferentes manejos.

Cuadro 22. Ejemplo de los cromas estudiados con los diferentes manejos.

	
Suelo con manejo convencional frutícola e incorporación de composta.	Suelo con aplicación de glifosato.
	
Suelo con incorporación de materia orgánica.	Suelo con manejo convencional y aplicación de biofermentos líquidos.

Fuente: El Autor. (2013).



7. CONCLUSIONES

La cromatografía es herramienta útil y certera para el diagnóstico de suelos de manejo orgánico y convencional, en relación a los aspectos biológico y físico. A nivel de diagnóstico de elementos químicos, a pesar de presentar significancia en los análisis estadísticos, la dispersión de los datos analizados nos limita el definir su inferencia en los cromatogramas.

Mediante pruebas de laboratorio se determinó que la presencia y biodiversidad de microorganismos en los suelos con manejo orgánico fue superior a los suelos con manejo convencional.

Los factores biológicos -hongos y/o bacterias- fueron determinantes en las características cualitativas de los cromas reflejados en los análisis estadísticos.

La conductividad eléctrica en los suelos de manejo orgánico relacionada con los cromatogramas presento cualidades mejores que las presentes en los suelos convencionales.



8. RECOMENDACIONES

Profundizar el estudio de la cromatografía en papel de extractos de suelo como herramienta para el diagnóstico de fertilidad del suelo.

Realizar evaluaciones biológicas de suelos en los cultivos, previas y posteriores a la realización de prácticas agrícolas, como por ejemplo, aplicaciones de insumos al suelo y foliares.

En los procesos de fertilización orgánica se debe tener presente que los mayores índices poblacionales de biología en el suelo, son indicadores de mejor calidad del mismo.

Sistematizar la información que se genere sobre análisis biológicos de los suelos para fortalecer las bases de futuras investigaciones.

Profundizar los estudios de la relación de la microbiología con los procesos de mineralización en el suelo.

Estudiar los factores de humificación para el mejor entendimiento de los procesos de transformación de nutrientes en el suelo, analizarlos con cromatografía y establecer patrones cromatográficos.



9. BIBLIOGRAFÍA

Libros consultados:

- Atlas, R. y Bartha, R. (2006). Ecología microbiana y microbiología ambiental. (4ta ed.). (pp. 97-106). Madrid-España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Altieri, M. (2009). La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable.
- Benzing, A. (2001). Agricultura orgánica - fundamentos para la región andina. (1ra ed.). Villinge-Schwenningern, Alemania: Neckar-Verlag.
- Bakker, A. y Bakker, J. (2008). Cromatografía, imágenes de energía. Holanda: Borger.
- Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. (2010) Indicadores biológicos para la evaluación de la calidad de los suelos. (12aba ed.). (pp14). Santo Domingo-Ecuador.
- Coyne, M. (2000). Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. (1ra ed.). Madrid-España: Editorial Paraninfo.
- Forero, R (2009). Ecosistemas, Agricultura Ecológica u Orgánica y Visión de Colombia Global Tropical. Agencia de Cooperación IICA-Colombia.
- Gras, E. (2012). Cosecha de agua y tierra. (2da ed.). (pp. 24). Teruel-España: EcoHabitar Visiones Sostenibles S.L.
- Hensel, J. y Restrepo, J. Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra. (1ra ed.). Cali-Colombia: Feriva S.A.
- Pinheiro, S. (2011). Cartilha da saúde do solo e inocuidade dos alimentos. Rio Grande do Sul-Brasil. Jaquira Canduri Satyagraha.
- Primavesi, A. (1982). Manejo ecológico de suelos. (5ta ed.). (pp. 73-74). Sao Paulo Brasil: El Ateneo.



Restrepo, J. (2007). El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. (1ra ed.). (pp. 34-36). Managua-Nicaragua: SIMAS.

Restrepo, J. y Pinheiro, S. (2009). Agricultura orgánica harina de rocas y la salud del suelo al alcance de todos. (1ra ed.). Cali-Colombia: Feriva S.A.

Restrepo, J. y Pinheiro, S. (2011). Cromatografía imagen de vida y destrucción del suelo. (1ra ed.). Cali-Colombia: Feriva S.A.

Fuentes de internet:

Agrocalidad. Análisis de Agrocalidad. (2012). Disponible en:
<http://www.agrocalidad.gob.ec/laboratorios-referenciales/>

Chamba, L. (2012). Glosario de términos Útiles el Nutrición y Fertilización. Disponible en: <http://www.hechoxnosotrosmismos.com/t8421-glosario-de-terminos-utiles-en-nutricion-y-fertilizacion>

Iniap. (2012). Muestreo de suelos para análisis químicos con fines agrícolas. Disponible en:
<http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Muestreo%20del%20suelos%20para%20an%C3%A1lisis%20qu%C3%ADmico%20con%20fines%20agr%C3%ADcolas.pdf>

Restrepo (2008). Acción de la urea en los cromatogramas. Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/36653005/Ureacromas-Dr-Jairo-Restrepo-Rivera-Msb>

Consultas personales:

Grass, E. Cuenca, 20 de octubre 2013.

Respreto, J. Tabacundo, 3 de mayo 2013.



10. ANEXO

Anexo 1. Datos cuantitativos de las cualidades consideradas para el análisis cromatográfico.

Propiedad	Muestra	Código	Color	Forma radial	Interacción	Terminación
Francisco Gangotena	P.G 1	1	3	3	3	3
	P.G 2	2	3	3	3	3
	P.G 3	3	3	3	3	3
	P.G 4	4	3	3	3	3
	P.G 5	5	3	3	3	3
	P.G 6	6	3	3	3	3
	P.G 7	7	3	3	3	3
	P.G Inv 1	8	3	3	3	3
	P.G Inv 2	9	3	3	3	2
Convencional 1	Químico	10	2	2	3	3
Fausto Falconí	F.F 1	11	3	3	3	3
	F.F 2	12	3	3	3	2
	F.F 3	13	3	3	3	3
	F.F 4	14	3	3	3	3
	F.F 5	15	3	2	3	3
	F.F 6	16	3	3	3	3
	F.F 13 Der	17	3	3	3	3
	F.F 13 Izq	18	3	2	3	3
El Romeral	R. Manzana	19	1	2	1	2
	R. Alfalfa	20	2	1	2	1
El Pan	P. Mr 1	21	3	3	3	2
	P. Mr 2	22	2	3	3	2
	P. Mr 3	23	2	3	3	2
Bulán	B. Tom 1	24	1	1	1	1
	B. Tom 2	25	1	2	2	2
Convencional	Flor test	26	1	0	1	1
Convencional 2	Hort. Test	27	1	1	1	1

Fuente: El Autor. (2013).



Anexo 2. Datos obtenidos del análisis biológico del laboratorio.

Muestra	Código	Hongos	Bacterias
P.G 1	1	29376,50	34023076
P.G 2	2	29376,50	14299553,7
P.G 3	3	26978,42	35206487,3
P.G 4	4	28177,46	40235985,5
P.G 5	5	29376,50	31261782,8
P.G 6	6	46163,07	37671927,6
P.G 7	7	33573,14	41715249,7
P.G Inv 1	8	44964,03	15877435,5
P.G Inv 2	9	28776,98	21597256,9
Químico	10	16187,05	9565908,32
F.F 1	11	31774,58	52859039,8
F.F 2	12	46163,07	38855338,9
F.F 3	13	43165,47	48914335,3
F.F 4	14	56954,44	53352127,8
F.F 5	15	55155,88	56507891,4
F.F 6	16	47961,63	50393599,5
F.F 13 Der	17	39568,35	36389898,6
F.F 13 Izq	18	44364,51	40038750,3
R. Manzana	19	16786,57	4240557,29
R. Alfalfa	20	10191,85	5226733,41
P. Mr 1	21	24580,34	18934581,4
P. Mr 2	22	26978,42	17948405,3
P. Mr 3	23	27577,94	38165015,7
B. Tom 1	24	21582,73	55127244,8
B. Tom 2	25	19184,65	45758571,7
Flor test	26	14388,49	5621203,86
Hort. Test	27	11390,89	4832262,96

Fuente: El Autor. (2013).



Anexo 3. Datos registrados por Agrocalidad de los análisis químicos de suelo.

Muestra	Código	pH		MATERIA ORGÁNICA MO (%)		NITROGENO N (%)		FOSFORO P (ppm)		POTASIO K (cmol/Kg)		CALCIO Ca (cmol/kg)		MAGNESIO Mg (cmol/kg)		HIERRO Fe (ppm)		MANGANESO Mn (ppm)		COBRE Cu (ppm)		ZINC Zn (ppm)	
P.G 1	1	L-Al	7,56	A	3,8	M	0,19	A	299	A	1,25	A	19,6	A	2,36	A	178,3	M	9,75	A	5,74	A	26,3
P.G 2	2	L-Al	7,54	A	5,52	M	0,28	A	238	A	1,1	A	20,9	A	2,42	A	96,8	M	6,42	M	4,07	A	18,4
P.G 3	3	L-Al	7,59	A	2,28	B	0,11	A	324	A	1,25	A	17,9	A	2,5	A	205,4	M	11,18	A	7,09	A	26,4
P.G 4	4	L-Al	7,58	A	4,34	M	0,22	A	297	A	1,6	A	19,9	A	2,7	A	135,4	M	8,98	A	5,15	A	16,4
P.G 5	5	L-Al	7,65	A	3,64	M	0,18	A	324	A	1,3	A	19,4	A	2,7	A	136	M	10,33	A	6,61	A	21,1
P.G 6	6	L-Al	7,63	A	4,19	M	0,21	A	271	A	1	A	18,4	A	2,5	A	146,8	M	8,24	A	4,9	A	17,5
P.G 7	7	N	7,41	A	4,25	M	0,21	A	215	A	1,06	A	14,7	A	3,4	A	194,4	M	15,22	A	7,09	A	17,24
P.G Inv 1	8	N	7,48	A	6,22	M	0,31	A	280	A	1,4	A	17,9	A	2,2	A	133,3	M	8,8	A	5,62	A	16,5
P.G Inv 2	9	L-Al	7,56	A	4,79	M	0,24	A	277	A	1,2	A	19,8	A	2,7	A	87,3	M	8,33	A	6,39	A	19,22
Químico	10	L-Ac	5,58	B	0,13	B	0,01	A	205,2	A	0,61	A	11,09	A	6,75	A	423,2	A	20,93	A	11,97	A	16,6
F.F 1	11	N	6,7	A	6,7	M	0,23	A	229	A	0,87	A	13,8	A	4,9	A	312,3	M	10,99	A	17,73	A	14,38
F.F 2	12	N	6,7	A	6,7	M	0,18	A	232	A	1,05	A	15,7	A	3,5	A	375,4	M	8,99	A	15,56	A	14,17
F.F 3	13	N	6,71	A	6,71	M	0,2	A	303	A	0,9	A	16,8	A	2,8	A	404,1	M	10,39	A	21,19	A	18,82
F.F 4	14	N	6,77	A	6,77	M	0,19	A	309	A	0,8	A	17,4	A	2,49	A	368,1	M	9,81	A	14,05	A	16
F.F 5	15	N	6,56	A	6,56	B	0,15	A	251	A	1,3	A	16,8	A	3,3	A	325	M	15,1	A	21,63	A	16,76
F.F 6	16	N	6,8	A	6,8	M	0,23	A	134	A	1,7	A	23,4	A	3,4	A	92	M	10,94	A	15,34	A	11,2
F.F 13 Der	17	L-Ac	5,73	A	5,73	M	0,16	A	53	A	1	A	17,4	A	3,1	A	267,7	M	12,01	A	17,23	A	8,86
F.F 13 Izq	18	L-Ac	6,02	A	6,02	B	0,13	A	45,6	A	0,96	A	12,47	A	3,8	A	321,1	M	10,47	A	12,32	A	10,83
R. Manzana	19	N	6,68	A	3,25	M	0,16	A	99,1	A	0,95	A	26,65	A	6,5	A	45,8	A	40	A	9,65	M	4,61
R. Alfalfa	20	N	6,86	A	3,25	M	0,16	A	63,3	A	0,76	A	27,5	A	5,45	A	63,6	A	22,53	A	10,55	A	11,17
P. Mr 1	21	N	6,56	A	3,06	B	0,15	A	79,8	A	1,03	A	16,35	A	4,45	A	180,2	A	40	A	11,26	A	9,03
P. Mr 2	22	L-Ac	6,27	A	3,62	M	0,18	M	11,8	A	0,61	A	13,4	A	3,16	A	322,6	A	43,1	A	19,91	A	7,78
P. Mr 3	23	L-Ac	5,88	A	4,06	M	0,2	A	133,8	M	0,28	A	12,1	A	2,02	A	667	A	45,2	A	26,6	A	15,2
B. Tom 1	24	N	6,84	A	2,58	B	0,13	A	100,2	A	0,39	A	21,2	A	14,5	M	35,6	A	29,04	A	9,07	A	8,08
B. Tom 2	25	N	7,18	A	2,32	B	0,12	A	25,5	M	0,28	A	16,65	A	12,4	M	39,5	A	22,91	A	5,84	M	4,99
Flor test	26	N	6,85	A	3,69	M	0,18	A	72,1	A	1,1	A	28,1	A	8	M	24,8	A	22,13	A	6,76	M	5,69
Hort. Test	27	N	7,39	M	1,88	B	0,09	M	18,9	A	0,48	A	29,8	A	5	B	15	A	19,91	M	3,74	B	2,29

Fuente: El Autor. (2013).



Anexo 4. Datos de análisis físicos realizados en el laboratorio.

Muestra	Código	Densidad Aparente (Da)	Conductividad eléctrica (CE)
P.G 1	1	0,91362973	0,495
P.G 2	2	0,92523184	0,46
P.G 3	3	0,91079178	0,541
P.G 4	4	0,85458855	0,413
P.G 5	5	0,72361231	0,395
P.G 6	6	0,87385056	0,415
P.G 7	7	0,86393961	0,437
P.G Inv. 1	8	0,83044646	0,456
P.G Inv. 2	9	0,86448513	0,494
Químico	10	0,99787245	0,202
F.F 1	11	0,82398527	0,854
F.F 2	12	0,79871606	0,941
F.F 3	13	0,97502784	0,795
F.F 4	14	0,82659927	0,754
F.F 5	15	0,86073775	0,993
F.F 6	16	0,92020087	0,769
F.F 13 Der	17	0,97435211	0,899
F.F 13 Izq	18	0,90248691	0,845
R. Manzana	19	1,36253902	0,304
R. Alfalfa	20	1,31955567	0,222
P. Mr 1	21	1,2333308	0,117
P. Mr 2	22	1,22314735	0,078
P. Mr 3	23	1,21713956	0,074
B. Tom 1	24	0,9958537	0,339
B. Tom 2	25	0,99989218	0,132
Flor test	26	0,94	0,552
Hort. Test	27	1,11	0,15

Fuente: El Autor. (2013).